



VERACRUZ 2018

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



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Directorio

SAGARPA

Baltazar Hinojosa Ochoa

Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Raúl Enrique Galindo Favela

Subsecretario de Desarrollo Rural

Jorge Luis Zertuche Rodríguez

Subsecretario de Agricultura

Ignacio Lastra Marín

Subsecretario de Alimentación y Competitividad

DELEGADO ESTATAL DE VERACRUZ

Octavio Legarreta Guerrero

Delegado de SAGARPA en Veracruz

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Miguel Ángel Yunes Linares

Gobernador Constitucional del Estado de Veracruz

SEDARPA

Joaquín Rosendo Guzmán Avilés

Titular de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca

INIFAP

José Fernando De la Torre Sánchez

Director General

Raúl Gerardo Obando Rodríguez

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Eduardo Francisco Berterame Barquín

Coordinador de Administración y Sistemas

Dante Schiaffini Barranco

Director General Adjunto de la Unidad Jurídica

Juan Carlos Andrade Salaverría

Titular del Órgano Interno de Control

CIRGOC-INIFAP

Sergio Alberto Curtí Díaz

Director del Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Julio Cesar Vinay Vadillo

Director de Investigación

Francisco González Naranjo

Director de Administración

CONACYT

Enrique Cabrero Mendoza

Director General

CONSEJO VERACRUZANO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO- COVEICYDET

Juan Pablo Álvarez Delong

Director General

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Jesús Moncada de la Fuente

Director General

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

José Sergio Barrales Domínguez

Rector

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

Miguel Rubio Godoy

Director General

INAPESCA

Pablo Roberto Arenas Fuentes

Director General

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Manuel Quintero Quintero

Director General

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO

Jose Manuel Rosado Pérez

Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ÚRSULO

GALVÁN

Marco Antonio Díaz Ramos

Director

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

David Reynier Valdez

Director

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO

Enrique Luis Graue Wiechers

Rector

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA-UNAM

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical

Miguel Ángel Alonso Díaz

Director Técnico



Directorio

UNIVERSIDAD VERACRUZANA (UV)

Sara Ladrón de Guevara
Rectora

COMISION NACIONAL FORESTAL

Salvador Arturo Beltrán Retis
Director Adjunto

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS-UV

Andrés Rivera Fernández
Director de la Facultad

SENASICA

Enrique Sánchez Cruz
Director en Jefe

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS PEÑUELA-UV

Otto Raúl Leyva Ovalle
Director

FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA

Rafael Gamboa González
Director General

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA, VERACRUZ-UV

Jorge Genaro Vicente Martínez
Director

DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA

Cesar Turrent Fernández

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA DEL ESTADO DE VERACRUZ

Alejandro Torruco Vera
Director de Educación Tecnológica

ACADEMIA VERACRUZANA DE CIENCIAS

Fabiola Lango Reynoso
Presidente



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

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

Este libro digital se elaboró en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, en Medellín, Veracruz, en octubre de 2018. C. P. 94277. Teléfonos: (229) 262 22 03, 04, 05.

Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Año 2, No. 1, octubre 2018, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. (55) 3871-8700, www.inifap.gob.mx. Editor responsable: M.C. Sergio Alberto Curti Díaz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-020610452000-203, ISSN: 2594-147X on line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Julio César Vinay Vadillo, Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, mpio. Medellín de Bravo, Ver. CP. 94277, Teléfonos: 229 262 22 03 al 05 y 01800 088 22 22, ext. 87809

<http://rcveracruz.org/doc/AvancesInvestigacionRC2018.pdf>

La cita correcta es:

Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H., A. L. Del Angel P. y C. Perdomo M. (comps.). 2018. 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 2, Núm. 1, 1849 p.





VERACRUZ 2018

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



Prólogo

La Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Veracruz 2018 es organizada, con la participación de treinta y tres instituciones y organismos del gobierno federal y estatal, lo cual permitió, que a través de su convocatoria, se lograra la integración de cuarenta y dos instituciones de investigación y enseñanza de áreas afines en un entorno estatal, nacional e internacional, con la participación de 203 trabajos, consolidándose como la reunión científica más importante del sur-sureste de México, siendo ésta la trigésima primera. Con los trabajos aceptados en esta reunión se elaboró el presente libro científico titulado: “Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático” con número de registro ISSN:2594-14X, que incluye 189 trabajos en extenso, seleccionados a través de un proceso riguroso de revisión técnica y presentados en seis áreas temáticas y dos foros. El objetivo fundamental de la reunión científica es difundir los resultados de investigación, validación y transferencia de tecnología, que se generan en las instituciones de investigación y enseñanza superior, en beneficio de los usuarios de las áreas y sectores antes mencionados. Para la revisión técnica y edición de esta publicación, se requirió del esfuerzo de muchos investigadores de diversas instituciones de investigación y enseñanza, así como de personal de apoyo técnico y administrativo del INIFAP. Esta publicación se pone a disposición de investigadores, académicos, profesionistas y técnicos, para servir como una referencia confiable de consulta y fortalecimiento de los vínculos interinstitucionales.



Índice

AGRÍCOLA

- SOLUCIÓN DE SUELO (pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA), FERTILIZACIÓN MINERAL Y ABONO VERDE EN CULTIVOS SUCESIVOS** 2
Nain Peralta Antonio, Maristela Wattier y Ricardo Henrique Silva Santos
- CULTIVO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA DE *Raphanus sativus* VAR. CHAMPION CON TRES SUSTRATOS Y DOS DENSIDADES DE SIEMBRA** 12
Gumercindo Honorato De La Cruz Guzmán, Sergio Radillo Becerra, Alberto Arriaga Frías y Manuel Mandujano Piña
- EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ÓRGANO-MINERAL EN CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus* L.), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO** 22
Alfredo Lino Brito, Maribel Apolinar Aguilar, Raúl Murrieta Altamirano, Alejandro Sánchez Cano y Ana Karen García Prado
- EFFECTO DE MICROALGAS EN LA EMERGENCIA DE SEMILLAS DE CULTIVOS DE IMPORTANCIA AGRONÓMICA** 32
Maribel Apolinar Aguilar, Alfredo Lino Brito, María Griselda Dionisio Serafín, Aurelio García García, Camelia Rosas Máximo y Diana Agustín Luna
- EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y ÁCIDO ACÉTICO PARA CONTROL ORGÁNICO DE ARVENSES** 39
Carlos Gabriel Villa González, Abiel Rodríguez Maza, Julio Alfonso Armenta Barrios y Enrique A. Silva García
- FUNGICIDAS APLICADOS ANTES DE LA COSECHA CONTROLAN ENFERMEDADES EN REFRIGERACIÓN DE AGUACATE 'HASS' EN MICHOACÁN** 47
Juan Antonio Herrera-González y Lucas Madrigal Huendo
- EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS CRIOLLOS DE CALABAZA CHIHUA (*Cucurbita argyrosperma* Huber)** 57
Jorge Ismael Tucuch-Haas, María Alma Rangel-Fajardo, Antonio Villalobos-González y César Jacier Tucuch-Haas
- COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VARIEDADES DE SOYA EN YUCATÁN** 64
María Alma Rangel Fajardo, Jorge Ismael Tucuch Haas, Mirna Hernández Pérez y Dianely de la Cruz Basto Barbudo
- ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN EL ORIENTE DEL ESTADO DE CHIAPAS** 73
Victorino Gómez Valenzuela
- ETAPAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL EN EL NORTE DE VERACRUZ** 85
José Raúl Rodríguez Rodríguez, Francisco Javier Ibarra Pérez, Oscar Hugo Tosquy Valle y Ernesto López Salinas
- EFICIENCIA PRODUCTIVA DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ** 97
José Raúl Rodríguez Rodríguez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Ernesto López Salinas y Francisco Javier Ibarra Pérez
- CONTROL BIOLÓGICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE NOPAL VERDURA (*Opuntia ficus indica* Mill)** 108
Juan Gabriel Angeles Núñez, Talina Olivia Martínez Martínez y Andrés Mandujano Bueno
- ANÁLISIS DEL AGROECOSISTEMA CON CALABAZA PIPIÁN (*Cucurbita argyrosperma* J.C. Huber) EN PASO DE OVEJAS, VERACRUZ** 117
Mónica Del Ángel Ocampo, Arturo Pérez Vázquez, Ciro Sánchez Hernández, Paola Carolina Taborda Bustillo y Eliseo García Pérez



Índice

ADAPTACIÓN DE CULTIVARES DE NOPAL VERDURA EN SUELOS VERTISOLES DE EL BAJÍO GUANAJUATENSE 128

Andrés Mandujano Bueno, Talina Olivia Martínez Martínez, Juan Gabriel Ángeles Núñez y María de Jesús Ávila Escobedo

INFORMACIÓN DE MERCADOS Y RENTABILIDAD EN EL CULTIVO DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) 137

Sergio Orozco Cirilo, Nicolás Ortega García y Juan Antonio Bautista

EFFECTO DE LA ROZA-TUMBA-QUEMA EN COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO 148

Oscar Arturo Barreto García, Rubén Darío Guevara Gutiérrez, Ma. Teresa Sandoval Madrigal, José Luis Olgúin López, Oscar Raúl Mancilla Villa y José de Jesús Huerta Olague

EFFECTO DE LA RADIACIÓN GAMMA (Co^{60}) EN CARACTERES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) 158

Roberto De la Cruz Díaz-Juárez, Abel Muñoz-Orozco, Marianguadalupe Hernández-Arenas, Amalio Santacruz-Varela, Edison Gastón Silva-Cifuentes y Eulogio De la Cruz-Torres

PRODUCCIÓN DE LISIANTHUS COMO ESTRATEGIA PARA MINIMIZAR LOS NIVELES DE POBREZA EN COMUNIDADES RURALES 166

Andrés Luna Mandujano, José Rafael Contreras Hinojosa, Mariano Morales Guerra, David Heriberto Noriega Cantú, Eileen Salinas Cruz, Romualdo Vázquez Ortiz y Jesús Martínez Sánchez

SELECCIÓN COMBINADA EN CINCO POBLACIONES DE MAÍZ PARA FORMAR VARIETADES MEJORADAS 176

Bulmaro Coutiño Estrada, David Rincón Espinosa y Grisel Sánchez Grajales

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO 186

José Luis Guzmán Díaz, David Sánchez Aspeytia y Mario Ernesto Vázquez Badillo

DISMINUCIÓN DEL ABORTO EN VAINILLA CON REGULADORES DE CRECIMIENTO 195

Juan Hernández Hernández, Sergio A. Curti Díaz y Ángel Ríos Utrera

AGRICULTURA URBANA COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INNOVADORA EN LA ENSEÑANZA A NIVEL BÁSICO (SECUNDARIA) 205

Humberto Virués Díaz, Marycruz Abato Zárate, Teresa Aguas Rendón, Nancy Domínguez González, Isabel Alemán Chávez y Miguel Escalona Aguilar

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS POST-EMERGENTES EN CHÍA 212

Miguel Hernández Martínez y Tomás Medina Cazares

PLANTA PARÁSITA *Lennea madresporoides* Lex. EN PARCELAS DE GIRASOL EN GUANAJUATO 219

Miguel Hernández Martínez y Tomás Medina Cazares

IDENTIFICACIÓN DE *Colletotrichum* spp. EN FRUTOS DE PAPAYA DEL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ 225

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Rebeca Rodríguez Falconi y Jorge Gustavo Rodríguez Escobar

EVALUACIÓN DE CINCO HÍBRIDOS DE GIRASOL BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL SUR DE TAMAULIPAS 236

Juan Valadez Gutiérrez

EVALUACIÓN DE MAÍCES COMERCIALES EN CONDICIONES DE RIEGO EN IGUALA, GUERRERO 244

Alejandro Sotelo Aguilar y José Manuel Castro Salas



Índice

POTENCIAL PRODUCTIVO Y DINÁMICA DE TALLOS DE DOS BRACHIARIAS A EDADES DE REBROTE EN OTOÑO 251

Claudia Carreón Corral, José Manuel Castro Salas, Cesario Catalán Heverástico, Francisca Avilés Nova, Alejandro Sotelo Aguilar y Daniel Hernández Valenzuela

EFFECTO DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Posidonia oceanica* COMO BIOESTIMULANTE SOBRE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL PEPINO Y TOMATE 261

Alma X. Ibarra Gómez, Sonia de J. Morales Colina, Patricia Aguilar Sánchez y Antonio Sánchez Sánchez

CUANTIFICACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN EL EXTRACTO ACUOSO DE *Posidonia oceanica* PARA SU USO COMO ABONO ORGÁNICO 270

Alma X. Ibarra Gómez, Sonia de J. Morales Colina, Patricia Aguilar Sánchez y Antonio Sánchez Sánchez

IMPULSO TCL2016: NUEVA VARIEDAD DE TRITICALE PARA EL BAJÍO 279

Ernesto Solís Moya, Rocío Serafina Díaz Huacuz, Oscar Arath Grageda Cabrera, Luis Antonio Mariscal Amaro, Aquilino Ramírez Ramírez y Lourdes Ledesma Ramírez

PROGRESOS EN RENDIMIENTO DE LÍNEAS F7 DE TRIGO HARINERO DERIVADAS DE CRUZAS BIPARENTALES 286

Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Luis Antonio Mariscal Amaro, Aquilino Ramírez Ramírez, María Rebeca Rendón Reyes y Lourdes Ledesma Ramírez

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES CON CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN EL BAJÍO 295

Mariano Díaz Ruiz, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Luis Antonio Mariscal Amaro, Aquilino Ramírez Ramírez y Sarahyt Santamaría Figueroa González

EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL CICLO DE CULTIVO DEL SORGO DULCE PARA EL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO 305

Patricia Aguilar Sánchez, Alma X. Ibarra Jiménez, Noé Montes García, Sergio Uribe Gómez y Guadalupe Aguilar Uscanga

AVANCES EN RENDIMIENTO EN FAMILIAS DE TRIGO HARINERO DESARROLLADORAS PARA TOLERANCIA A CALOR Y SEQUÍA 312

Lourdes Ledesma Ramírez, Ernesto Solís Moya, Gabriel Iturriaga de la Fuente, Sukhwinder Singh, Luis Antonio Mariscal Amaro, César Leobardo Aguirre Mancilla y Juan Gabriel Ramírez Pimentel

VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE LINEAS DE TRIGO GENERADAS DE CRUZAS DE TRIGOS CRIOLLOS CON GERMOPLASMA ÉLITE 321

Lourdes Ledesma Ramírez, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Luis Antonio Mariscal Amaro, Aquilino Ramírez Ramírez y María del Pilar Suaste Franco

POTENCIAL BIOENERGÉTICO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN GOLFO CENTRO 329

J. Amador Honorato Salazar y Patricia Aguilar Sánchez

REINTRODUCCIÓN *in situ* Y ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA PASADA Y ACTUAL DEL MAÍZ CRIOLLO RAZA JALA 339

Víctor Antonio Vidal-Martínez, Denise Costich, Tania Carolina Camacho-Villa, Bulmaro Coutiño-Estrada y Cristian Zavala-Espinosa

EFFECTO DE METABOLITOS SECUNDARIOS Y ACEITES VEGETALES SOBRE *Ralstonia solanacearum* Y EN SEMILLAS DE *Solanum lycopersicum* 350

Roberto Montes Belmont† e Hilda Elizabet Flores Moctezuma



Índice

- POLINIZACIÓN MANUAL DE TRES VARIEDADES DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO** 363
Jeremías Nataren-Velázquez, Ana Lid del Angel-Pérez, Danilo Nataren Velázquez y María de Jesús Martínez Hernández
- DESARROLLO DE PLANTAS DE COCO Y LIMÓN PERSA CON APOORTE DE MATERIA SECA POR CULTIVOS INTERCALADOS** 368
Laureano Rebolledo-Martínez, Juan Valente Megchún-García, Andrés Rebolledo-Martínez y Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes
- PERIODO ÓPTIMO DE COSECHA DE DOS GENOTIPOS PROMISORIOS DE SORGO DULCE PARA ELABORAR ETANOL** 379
Sergio Uribe Gómez, Ma. Guadalupe Aguilar Uscanga, Noé Montes García y Kenia Alicia Gómez Maceda
- DOSIS Y FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO EN TRES SISTEMAS DE LABRANZA EN TRIGO EN GUANAJUATO** 387
Aquilino Ramírez Ramírez, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Luis Antonio Mariscal Amaro y María del Pilar Suaste Franco
- TRES TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE TRIGO DE RIEGO EN EL BAJÍO DE MÉXICO** 393
Aquilino Ramírez Ramírez, Ernesto Solís Moya, Oscar Arath Grageda Cabrera, Luis Antonio Mariscal Amaro y Lourdes Ledesma Ramírez
- DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICA, FÍSICOQUÍMICA Y ANÁLISIS SENSORIAL EN PULPA DE TAMARINDO *Tamarindus indica* L.** 401
Esteban Gutiérrez Peña, Leticia Rendón Sandoval, Víctor Hugo Montané Jiménez y Adán Cabal Prieto
- CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA SEMILLA DE *Attalea butyracea* DE LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ** 411
Ismael Alatríste Pérez, María Esther Alonso Palacios, Olivia Rodríguez Alcalá, Uganda Roque Martínez y Estela Trujillo Chicuellar
- POTENCIAL PRODUCTIVO Y ADAPTACIÓN DE GENOTIPOS DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) EN DOS AMBIENTES AGROECOLÓGICOS DE VERACRUZ** 416
Arturo Durán Prado, Andrés Vásquez Hernández, Isaac Meneses Márquez, Rigoberto Zetina Lezama, Romualdo Vásquez Ortiz y Alberto Trujillo Campos
- HUMEDAD, TEMPERATURA DE SUELO Y VOLUMEN DE RAÍCES EN PIÑA CON CUBIERTA PLÁSTICA Y NUTRICIÓN ORGÁNICA** 430
Andrés Rebolledo Martínez, Laureano Rebolledo Martínez, María Enriqueta López Vázquez, Rosa Laura Rebolledo García, Daniel Uriza Ávila, Rigoberto Zetina-Lezama, Gerardo Montiel Vicencio, Carlos Tinoco Alfaro, Naín Peralta Antonio y Mónica Flores Ascención
- COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD DE FRIJOL FRAILESCANO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE CHIAPAS** 441
Bernardo Villar Sánchez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Francisco Javier Ibarra Pérez, Ernesto López Salinas y Francisco Javier Cruz Chávez
- RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CAFÉ COSTA RICA-95 BAJO EL SOMBREADO DE OCHO ESPECIES ARBÓREAS** 450
Rosalío López Morgado, Luis Eduardo García Mayoral y Rafael Alberto Guajardo Panes
- EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN CULTIVO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) EN LA APLICACIÓN DE TRES ABONOS ORGÁNICOS** 462
Anastacio Nanco Ortiz, Diana Elena Vásquez Sánchez, David Gutiérrez González, Fernando Arturo Gómez Díaz y Jaime Negrín Ruiz



Índice

- EVALUACIÓN DE LABRANZA VERTICAL EN LA PREPARACIÓN PRIMARIA DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ** 471
Marco Antonio Reynolds Chávez y Juan Antonio López López
- ZONIFICACIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL (ZEVA) EN LA SUBCUENCA XICO-JALCOMULCO, VERACRUZ, MÉXICO** 484
Gabriel Díaz Padilla, Ignacio Sánchez Cohen, Rafael A. Guajardo Panes y Rosalío López Morgado
- VALIDACIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ DE GRANO LARGO DELGADO EN EL CENTRO DE VERACRUZ** 495
Valentín A. Esqueda Esquivel, José Alfredo Jiménez Chong y Oscar Hugo Tosquy Valle
- ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN CONTEXTOS REGIONALES DE LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE MÉXICO** 502
Rosalío López Morgado, Rafael Alberto Guajardo Panes, Gabriel Díaz Padilla, Modesto Carlos Castillo Guerrero y Luis Eduardo García Mayoral
- PRODUCCIÓN ECOLÓGICA DE PEPINO (*Cucumis sativus*) EN SISTEMA PROTEGIDO TIPO INVERNADERO TROPICAL** 517
Andrés Vásquez Hernández, Héctor Cabrera Mireles, Isaac Meneses Márquez, Arturo Durán Prado y Arturo Andrés Gómez
- PRODUCTOS BIORRACIONALES CONTRA EL ÁCARO CARMESÍ EN SISTEMA PROTEGIDO EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ** 527
Héctor Cabrera Mireles, Andrés Vásquez Hernández, Isaac Meneses Márquez, Jorge Jiménez Zilli, Félix David Murillo Cuevas y Arturo Andrés Gómez
- USO DE MICORRIZAS Y FERTILIZACIÓN MINERAL EN TRES GENOTIPOS DE PAPAYA** 540
Marcos Vázquez Hernández, Joel Meza Martínez, Andrés Vásquez Hernández y Minerva Vázquez Rodríguez
- COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL LIMÓN PERSA/DRAGÓN VOLADOR, EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN (AÑO 3). VERACRUZ, MÉXICO** 550
Sergio Alberto Curti Díaz, Carlos Hernández Guerra y Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera



Índice

PECUARIA

ADICIÓN DE EXTRACTO DE SEMILLA DE *Moringa oleifera* SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA EN SEMEN OVINO CRIOPRESERVADO 561

José María Carrera Chávez, Mónica Edith Bojórquez Salcedo, Andrés Quezada Casasola, José Alberto Núñez Gastélum, Eduardo Pérez Eguía, María Angélica Escárcega Ávila y Ernesto Orozco Lucero

ADICIÓN DE EXTRACTO DE SEMILLA DE *Moringa oleifera* SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE SEMEN OVINO CRIOPRESERVADO 569

José María Carrer Chávez, Edson Eduardo Jiménez Aguilar, Andrés Quezada Casasola, José Alberto Núñez Gastélum, Eduardo Pérez Eguía, María Angélica Escarcéga Ávila y Ernesto Orozco Lucero

ÉPOCA Y FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE BIOMASA DEL PASTO TAIWÁN 578

Gloria Esperanza De Dios León, Catalino Jorge López Collado, Armando Guerrero Peña, Eusebio Ortega Jiménez, Alejandro Alonso López y Eduardo Daniel Bolaños Aguilar

INCLUSIÓN DE HARINA DE FOLLAJE DE *Trichanthera gigantea* EN UNA DIETA PARA PAVO AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) EN CRECIMIENTO A FINALIZACIÓN 590

Reina Pech Palomino, Jorge Ortiz Ortiz, Edgar Aguilar Urquizo, Mateo Itza Ortiz, Ángel Sierra Vásquez y Roberto Sanginés García

CARACTERÍSTICAS DE LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN LA RANCHERÍA BOQUERÓN 2DA, CENTRO, TABASCO 600

Miguel Alberto Magaña Alejandro y Karina de los Ángeles Ramírez Méndez

PARTICIPACIÓN DE LA MUJER PARA LA CONSERVACIÓN DE *Gallus gallus domesticus* EN COMUNIDADES RURALES DE TETELA DE OCAMPO, PUEBLA 610

Maribel Martínez Carrera, Gerardo Landeta Cortés, Carlos Esli Tirado Erazo, José Víctor Rodríguez Hernández y Omar Romero Arenas

DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE *Trifolium repens* EN ASOCIACIÓN CON *Lolium perenne* PARA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES 620

Ricardo Martínez Martínez, Perpetuo Álvarez Vázquez, Claudia Yanet Wilson García, Ricardo Vicente Pérez, Enrique-Octavio García Flores y Florencia García Alonso

FRACCIONES FERMENTABLES *In vitro* DE ESTRELLA AFRICANA EN BECERROS BAJO CRIANZA ARTIFICIAL ALIMENTADOS CON LACTOSUERO 629

María Guadalupe Cruz Bárcenas, René Pinto Ruiz, Adalberto Hernández López, Deb Raj Aryal, José A. Venegas Venegas, Eugenia Barrientos Niño y David Hernández Sánchez

INHIBIDORES DE HIDROXIMETIL GLUTARIL COENZIMA A EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y MICROBIOLÓGICO DE OVINOS 637

Marcos Pérez Sato, Estephany Andrade Oyarzabal, Guillermo Eutiquio Soni, Numa Pompilio Castro González y Esmeralda Ramírez Llaguno

INCLUSIÓN DE RAICILLA DE CEBADA EN DIETAS PARA BORREGOS 645

Marcos Pérez Sato, Estephany Andrade Oyarzabal, Eutiquio Soni Guillermo, Numa Pompilio Castro González y Luis Antonio Ávila Hernández

EVAUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE SEMILLA DE LINAZA MOLIDA EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN 651

Eutiquio Soni Guillermo, Marcos Pérez Sato, Numa Pompilio Castro González e Inci Denisse Córdova Cruz



Índice

APLICACIONES MÓVILES PARA EL MONITOREO DE PASTOREO CON CERCO ELÉCTRICO AUTOMATIZADO 660

Diego Jesús Rafael Valdez Cortés, Edgar Adrián González Velázquez, David Hernández Rodríguez, Eliceo Hernández Hernández, Luis Félix Gutiérrez, Delfino Olivares Sagahon y Eglejde Gómez Nochebuena

EVALUACIÓN DE DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE CON *Moringa oleifera* Lam 665

Reina Aracely Pech Palomino, Jorge Ricardo Ortiz Ortiz, Addy Patricia Pool Cruz y Edgar Aguilar Urquizo

EFFECTO DE ESPECIE, ÉPOCA Y EDAD SOBRE MINERALES EN TRES LEGUMINOSAS EN HUEYTAMALCO, PUEBLA 672

Ramírez GJJM, Carbajal AJP, López GI, Rosiles MR, Corona GL, Castrejón PFA

ALIMENTACIÓN DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN DE VACAS EN EL TRÓPICO Y SU RESPUESTA A LA IATF POSPARTO 685

Juan P. Zárate Martínez, Ángel Ríos Utrera, Maribel Montero Lagunes, Jaime Rangel Quintos y Abraham Fragoso Islas

ENDOPARÁSITOS EN VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) Y VENADO TEMAZATE (*Mazama temama*) EN IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ 694

Cristina Salmorán Gómez, Norma Mora Collado, Dora Romero Salas y Ricardo Serna Lagunes

EVALUACIÓN DE DOS RACIONES CON DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA PARA DESARROLLO DE TORETES EN PASTOREO 703

Rodríguez Hidalgo Nancy Jazmín, Romero Figueroa Maximino Zito, Díaz Prieto Luis Alonso, Fernández Figueroa José Antonio, Acar Martínez Nayib Bechara

OCUPACIÓN DE CAJAS NIDO POR AVIFAUNA EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PECUARIA DE VERACRUZ, MÉXICO 708

Alberto Hernández Lozano y Diana Gissell Juanz Aguirre y Antonio Hernández Beltrán

REHABILITACIÓN DE PRADERAS DEGRADADAS MEDIANTE CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ 716

Javier Francisco Enríquez Quiroz, Valentín Alberto Esqueda Esquivel y Ricardo de Jesús García Rangel

EFICIENCIA EN EL APORTE DE PROTEÍNA MICROBIANA EN NOVILLAS SUPLEMENTADAS CON *Leucaena leucocephala* 723

Abigail Castro González, Francisco I. Juárez Lagunes, Ángel Ríos Utrera y J. Armín Ayala Burgos

ESTIMACIÓN *In vitro* DE METANO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN DIETAS PARA GANADO DE ENGORDA 735

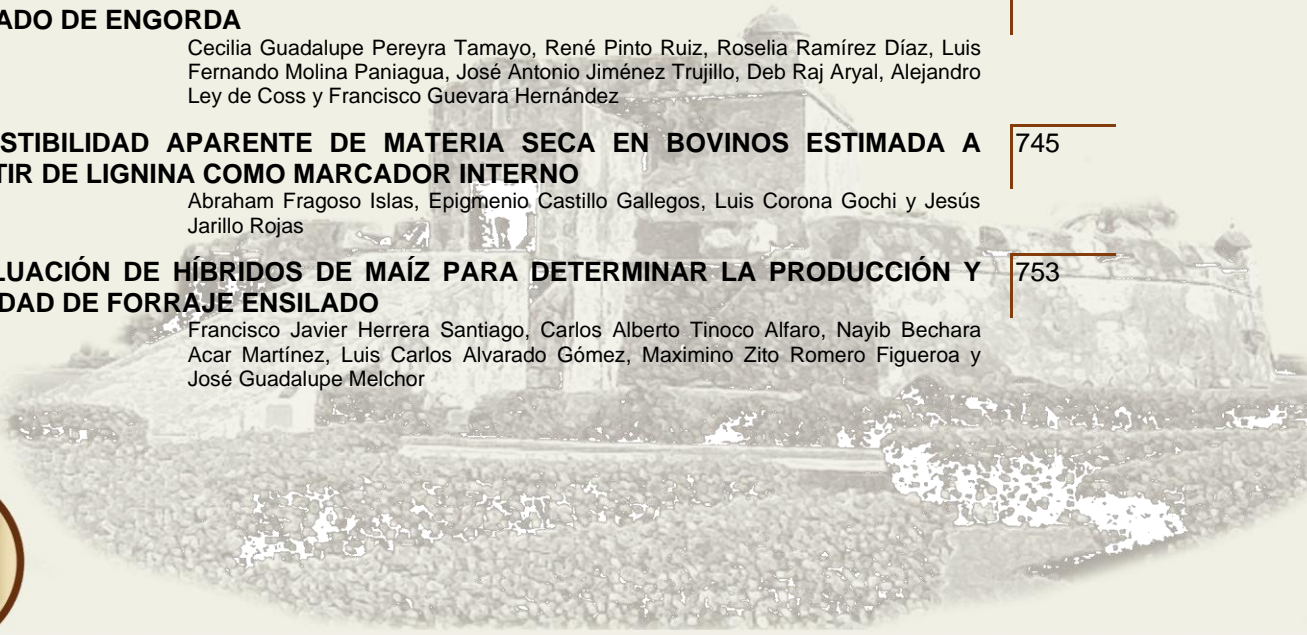
Cecilia Guadalupe Pereyra Tamayo, René Pinto Ruiz, Roselía Ramírez Díaz, Luis Fernando Molina Paniagua, José Antonio Jiménez Trujillo, Deb Raj Aryal, Alejandro Ley de Coss y Francisco Guevara Hernández

DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA EN BOVINOS ESTIMADA A PARTIR DE LIGNINA COMO MARCADOR INTERNO 745

Abraham Fragoso Islas, Epigmenio Castillo Gallegos, Luis Corona Gochi y Jesús Jarillo Rojas

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE ENSILADO 753

Francisco Javier Herrera Santiago, Carlos Alberto Tinoco Alfaro, Nayib Bechara Acar Martínez, Luis Carlos Alvarado Gómez, Maximino Zito Romero Figueroa y José Guadalupe Melchor



Índice

EVALUACIÓN FINANCIERA DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON BASE EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE *Brachiaria Megatyrsus* BAJO SOMBRA DE *Melia azedarach* 763

José Luis Espino Hernández, Jesús Jarillo Rodríguez, Epigmenio Castillo Gallegos, Silvia López Ortiz, José Luis Dávalos Flores y Ramiro Escobar Hernández

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LOS INTERVALOS ENTRE PARTOS EN OVEJAS DE PELO EN EL TRÓPICO HÚMEDO. ESTUDIO RETROSPECTIVO 777

Blanca Sofía Guerrero Palma, Hugo Pérez-Ramírez y Cristino Cruz Lazo

PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN Y SUIZO PARDO Y DE SUS CRUZAS RECÍPROCAS EN CLIMA SUBTROPICAL 789

Ángel Ríos Utrera, René Carlos Calderón Robles, Vicente Eliezer Vega Murillo, Moisés Montaña Bermúdez, Guillermo Martínez Velázquez, Sergio Iván Román Ponce, Juan José Baeza Rodríguez, Miguel Enrique Arechavaleta Velasco y René Calderón Chagoya

PORCENTAJE DE GENES *Bos taurus* SOBRE LA REPRODUCCIÓN DE VACAS HOLSTEIN-BRAHMAN Y SUIZO PARDO-BRAHMAN EN CLIMA TROPICAL SUBHÚMEDO 798

Benjamín Alfredo Piña Cárdenas, Ángel Ríos Utrera, Juan Prisciliano Zárate Martínez, Vicente Eliezer Vega Murillo, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Maribel Montero Lagunes, Martha Eugenia Valdovinos Terán, Alma Ximena Ibarra Gómez y Jaime Rangel Quintos

PRODUCTIVIDAD DE CERDOS EN CRECIMIENTO CONSUMIENDO DIETAS CON NIVELES CRECIENTES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO 808

Beatriz Herrera González, Pedro Cisneros Saguilán, Dilan E. Lorenzo Gómez, Herminio Aniano Aguirre

EVALUACION ECONÓMICA Y ENERGÉTICA DE CUATRO RANCHOS GANADEROS CON LECHERIA TROPICAL EN LA COSTA OAXAQUEÑA 816

Ángel de Jesús Bautista Valente, Pedro Cisneros Saguilán, Iván Gazga Rojas, Julemmy Rodríguez Arreortua

EPIDEMIOLOGÍA DE LA TOXOPLASMOSIS OVINA EN EL ESTADO DE VERACRUZ 827

Rafael Suazo Cortez, David I. Martínez Herrera, Violeta T. Pardío Sedas, Carlos Cruz Vázquez, Francisco Morales-Álvarez, Gabriela Sánchez-Viveros, María E. Galindo-Tovar, Joaquín A. Rincón-Ramírez

RESPUESTA PRODUCTIVA EN OVINOS ALIMENTADOS CON NIVELES CRECIENTES MORERA (*Morus alba*) 837

David Pacheco Martínez, Alejandro Otlica Rosario, Efraín Castañeda Hernández, Moisés Ramón Cárdenas Alonso, David Jazmín Marín y Pedro Enrique Lara y Lara

DETERMINACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE ECZEMA FACIAL EN UN REBAÑO DE OVINOS DE PELO 847

Norma Angélica Herrera Barrera y Hugo Pérez-Ramírez

LA MULTIFUNCIONALIDAD DE RANCHOS GANADEROS CON TECNOLOGIAS AGROFORESTALES EN LA REGIÓN MONTAÑOSA CENTRAL DE VERACRUZ. I. PAISAJISMO Y TURISMO RURAL 855

José A. Torres Rivera, Sandra L. Fernández Pereyra, Sergio A. López Sánchez, Marco A. Márquez García, Miguel A. Benítez Cruz, Juan D. Heredia Pérez, Amayraini Francisco Jerónimo, Fernando Álvarez López, Verónica Contreras Medrano, Miriam Cipriano Enríquez



Índice

FORESTAL

- DISPERSIÓN DE POLEN EN UN HUERTO SEMILLERO Y EN RODALES DE *Pinus patula* Schl. et Cham** 870
Liliana Muñoz Gutiérrez, J. Jesús Vargas Hernández, Javier López Upton, Carlos Ramírez Herrera, Marcos Jiménez Casas y Arnulfo Aldrete
- DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Dioon holmgrenii* De Luca, Sabato & Vázq. Torres (Cycadales: Zamiaceae)** 881
Mario Valerio Velasco García y Carlos Ramírez Herrera
- DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE AUTO-ACLAREO MEDIANTE REINEKE PARA CONSTRUIR UNA GUÍA DE DENSIDAD** 891
Juan Carlos Tamarit Urías, Casimiro Ordoñez Prado y Melchor Rodríguez Acosta
- FAUNA SILVESTRE ASOCIADA A UN MÓDULO AGROFORESTAL DE LA REGIÓN CALAKMUL, CAMPECHE** 902
Aixel Maya Martínez, Ligia G. Esparza Olgúin, Eduardo Martínez Romero, Mónica González Jaramillo y Ana Lid Del Angel Pérez
- EVALUACIÓN DE LA PROPAGACIÓN EN *Alnus jorullensis* Kunth DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE MÉXICO** 917
Carla Leticia López Sánchez, Beatriz del Socorro Bolívar Cimé, Armando Aparicio Rentería y Héctor Viveros Viveros
- PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE DOS VARIEDADES DE *Ochroma pyramidale* RECONOCIDAS EN CHIAPAS, MÉXICO** 927
Ana Patricia Pérez Caballero, Guadalupe Martha Bárcenas Pazos, Samuel Israel Levy Tacher y Susana Ochoa Gaona
- EFFECTO DE UN RETENEDOR DE HUMEDAD EN LA SUPERVIVENCIA DE MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*) EN UNA ZONA SEMIÁRIDA** 936
Gabriel Sosa Pérez, David Efraín Hermsillo Rojas, Pedro Jurado Guerra y Plácida Lorena González Trevizo
- COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE BIOMASA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE ASERRÍO EN EL ESTADO DE PUEBLA** 945
Patricia Aguilar Sánchez, Ricardo Musule Lagunes y Casimiro Ordoñez Prado
- DINÁMICA HISTÓRICA DE LOS INCENDIOS FORESTALES, REGIONES COSTA SUR Y SIERRA DE AMULA, JALISCO-MÉXICO** 951
Rubén Darío Guevara Gutiérrez, Oscar Arturo Barreto García, Elías Alejandro Muñoz Gómez, José Luis Olgúin López, Oscar Raúl Mancilla Villa, José de Jesús Huerta Olague y José Manuel Ramírez Romero
- EVALUACIÓN DEL MÉTODO CONVENCIONAL vs DISTANCIOMETRO LÁSER PARA MEDIR ALTURA DE ÁRBOLES EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL** 960
Julissa Lozano Rojas, Jesús Jarillo Rodríguez, Epigenio Castillo Gallegos, Zabdi Uziel González López, Hadhassa Bereshit Guerrero Vázquez y Rafael Olea Pérez
- INOCULACIÓN CON CONSORCIOS BACTERIANOS EN ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO** 967
Victoria Hernández Hernández y Juan Gualberto Colli Mull
- POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA PARA BIOENERGÉTICOS EN PLANTACIONES DEL BAMBÚ *Guadua aculeata* Rupr.** 977
Juan Carlos Tamarit Urías, Casimiro Ordoñez Prado, Melchor Rodríguez Acosta, Patricia Aguilar Sánchez y Pedro Hernández Zaragoza
- ANÁLISIS QUÍMICO ELEMENTAL DEL BAMBÚ *Guadua aculeata* Rupr. EN ETAPA DE MADUREZ EN PUEBLA, MÉXICO** 988
Casimiro Ordoñez Prado, Patricia Aguilar Sánchez, Juan Carlos Tamarit Urías y Ricardo Musule Lagunes



Índice

LISTADO DE AVES EN SITIO EXPERIMENTAL LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE HUEYTAMALCO, PUEBLA, MÉXICO Lorena Silverio Polo, Casimiro Ordóñez Prado y Guillermo Ortega Vázquez	994
SELECCIÓN DE CLONES DE <i>Cedrela odorata</i> L. EN EL GOLFO Y SURESTE DE MÉXICO Vicente Sánchez Monsalvo, José Amador Honorato Salazar y Javier López Upton	1003
ESTIMACIÓN INICIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN PLANTACIONES DE <i>Guadua aculeata</i> Rupr. EN HUEYTAMALCO, PUEBLA, MEX. Melchor Rodríguez Acosta, Casimiro Ordóñez Prado, Juan Carlos Tamarit Urias, Patricia Aguilar Sánchez y Pedro Hernández Zaragoza	1013
ALMACÉN DE CARBONO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA, EN TLAPACOYAN, VERACRUZ José Isidro Melchor Marroquín, Jesús Jarillo Rodríguez y Epigmenio Castillo Gallegos	1022
MEJORES PRÁCTICAS DE ASERRÍO Y COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO EN UN ASERRADERO EJIDAL DE PUEBLA Martha Elena Fuentes López Edna Elena Suárez Patlán, Noel Carrillo Ávila y Rogelio Flores Velázquez	1033
RENDIMIENTO, CALIDAD Y MERCADO DE CARBÓN VEGETAL EN HORNOS DE TIERRA EN XOXCOTLA, VERACRUZ Martha Elena Fuentes López Edna Elena Suárez Patlán, Noel Carrillo Ávila, Elba Rojas Díaz, Rogelio Flores Velázquez y Gelacio Xocua Oltehua	1042
CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN VEGETAL OBTENIDO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA FORESTAL Y MADERABLE Edna Elena Suárez Patlán, Martha Elena Fuentes López, Noel Carrillo Ávila e Itzel López Mandujano	1051
EVALUACIÓN DE INJERTOS EN <i>Cedrela odorata</i> L DE ÁRBOLES SELECCIONADOS EN ÁREAS NATURALES Edgar Hernández Máximo	1060
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE <i>Hevea brasiliensis</i> MUELL. ARG., EN VERACRUZ, MÉXICO Carlos Rutilio Monroy Rivera, José Amador Honorato Salazar, Olga Santiago Trinidad y Edgar Hernández Máximo	1068
SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE <i>Hevea brasiliensis</i> MÜLL. ARG., BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN PLANTACIÓN Olga Santiago Trinidad	1080



Índice

ACUÍCOLA Y PESQUERÍA

- MANEJO DE REPRODUCTORES DE LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*) EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA** 1096
Javier Domínguez Mora, Juan Lorenzo Reta Mendiola, Alberto Asiain Hoyos, Juan Salazar Ortiz Igor Olaf Neveu Diez y Fabiola Andrade Rogel
- HELMINTOS PARÁSITOS DE *Poeciliopsis gracilis* DEL SISTEMA LAGUNAR PARQUE PASEO LOS LAGOS, XALAPA, VERACRUZ** 1106
Oscar Méndez, Clementina Barrera Bernal y Elizabeth Valero Pacheco
- METALES PESADOS BIOACUMULABLES EN TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN EL CAUCE DEL RIO BALSAS, TIERRA CALIENTE DE GUERRERO** 1113
Ludybed Escobar Sarabia, Diana Pérez de Jesús, Francisco Zavala Hernández, María Lucrecia Flores Lopez y Reyna Vergara Hernández
- CONCENTRACIÓN DE HEMOCITOS EN DIFERENTE FASE LUNAR EN EL CAMARÓN *Penaeus vannamei* DE SAN BLAS NAYARIT, MÉXICO** 1120
Juan Carlos Bautista-Covarrubias, Angélica Nallelhy Rodríguez-Ocampo, Patricia Anely Zamora Ibarra, José Armando López Sánchez, Elizabeth Apreza Burgos, Luis Jorge Arcadia Ramírez y Cathin Sinahí Mendoza Delgado
- COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DEL PULPO COMÚN (*Octopus insularis*) DE VERACRUZ, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO** 1130
Gabriel Fajardo Alvarado, Roberto González Gómez, César Meiners Mandujano, Lourdes Jiménez Badillo y Piedad S. Morillo Velarde
- DIAGNÓSTICO PARASITOLÓGICO EN *Oreochromis* spp. EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA - REGIÓN TIERRA CALIENTE DE GUERRERO** 1140
Ludybed Escobar Sarabia, Diana Pérez de Jesús, Francisco Zavala Hernández, María Lucrecia Flores Lopez, Rodríguez Torres César del Ángel y Reyna Vergara Hernández
- TENDENCIA HISTÓRICA DE LA PESQUERÍA Y POTENCIAL DE CULTIVO DE LA ALMEJA, EN ALVARADO, VERACRUZ** 1147
Brenda Priscila Oviedo Velázquez, Víctor Martín Zárate Noble y María de la Luz Juárez Villalobos
- APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE CADENA DE VALOR A LA ACUACULTURA ORNAMENTAL VERACRUZANA** 1157
Fritz Ruiz Rojas, Alberto Asiain Hoyos, Juan Lorenzo Reta Mendiola y Juan Salazar Ortiz
- HELMINTOS EN TILAPIA DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN MÉXICO** 1166
Luisa Cano Rufino, David Osorio Sarabia y Luis García Prieto
- TIPOLOGÍA DEL PRODUCTOR DE TRUCHA ARCOÍRIS EN VERACRUZ, MÉXICO** 1172
Juan Acosta Jimeno, Alberto Asiain Hoyos, Diego E. Platas Rosado y J.F. Eucario Gasca Leyva, Juan L. Reta Mendiola
- CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LA TILAPIA *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 CON ADICIÓN DE PROBIÓTICOS EN CULTIVO COMERCIAL** 1183
Carolina Esther Melgar Valdes, Francisco Méndez Tax, Alfonso Castillo Domínguez, Carlos Alberto Cuenca Soria, Fernando Abasolo Pachecho, Angel Isidro Campa Córdova, Martha Alicia Perera García y Raúl Enrique Hernández Gómez
- ANÁLISIS DE LA CAPTURA EMBODEGADA OBTENIDA EN LA PESCA DEL ATÚN ALETA AMARILLA** 1195
Karina Ramírez López



Índice

FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO ASOCIADA AL ARRASTRE CAMARONERO DEL GOLFO DE MÉXICO DURANTE 2014 1202

Jorge Luis Oviedo Pérez, Heber Zea de la Cruz, Leticia González Ocaranza, Juan Balderas Telles, Guillermo Acosta Barbosa, Luis Enrique Martínez Cruz y Luis Ildefonso Balan Che

VULNERABILIDAD DE TIBURONES Y RAYAS A LA PESCA ARTESANAL EN EL LITORAL DE VERACRUZ 1214

Heber Zea de la Cruz, Jorge Luis Oviedo Pérez, Leticia González Ocaranza y Javier Tovar Ávila

DESARROLLO RURAL Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

ETNOBOTÁNICA DE LOS HUERTOS FAMILIARES DE LA RANCHERÍA EL MOTÉ, CUNDUACÁN, TABASCO 1227

Miguel Alberto Magaña Alejandro, Maricruz García García y Karina de los Ángeles Ramírez Méndez

PLANTAS DE USO MEDICINAL EN EL EJIDO ACOLIHUIA, CHIGNAHUAPAN, PUEBLA 1237

Emanuel Mora Castañeda, Leticia Cruz Contreras, Yasmín Ordoñez Ordoñez, Felipe N. Hernández Soto, Guillermo M. Luna González, Ricardo Sánchez Méndez y Germaín López Cruz

RENTABILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN “MANEJO INTEGRADO DE LIMÓN MEXICANO” EN TLALCOZOTITLÁN, MPIO. DE COPALILLO, GUERRERO 1251

David Heriberto Noriega Cantú, Romualdo Vásquez Ortiz, Marino Morales Guerra, José R. Contreras Hinojosa, Eileen Salinas Cruz y Jesús Martínez Sánchez

EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA FORESTAL “EL TORMENTO” Y SU CONTRIBUCIÓN A LA CIENCIA EN MÉXICO 1260

Nelda Uzcanga Pérez, Yameli Aguilar Duarte, Aixchel Maya Martínez, Eric Díaz Maldonado y Ligia Esparza Olguín

IMPACTO DE VARIEDADES DE FRIJOL SUSTENTABLES DEL INIFAP, EN LAS CUENCAS RÍO BLANCO Y PAPALOAPAN 1271

Francisco Javier Ugalde Acosta, Carmen Aridai Hernández Estrada, Maurilio Mendoza Mexicano, Simón Leyva Vela, Emilio Rodríguez Escalante, Arturo Guirít Guzmán, Elías Salomón Meza, Emilio Orea Fernández, Francisco Sánchez Fernández, Ivan Alí Elías Domínguez, Felipe Alejandro Mata Morales, Carlos Bustos Ando, Juan Carlos Chamorro Mata y Pedro Montalvo Nolasco

USO DE VIDEOS PARA CAPACITACIÓN EN GANADERÍA BOVINA TROPICAL 1281

Rosa Elena Riaño Marín, Everardo González Padilla y José Manuel Palma García

ADOPCIÓN SETA (*Pleurotus ostreatus*): UNA ALTERNATIVA DE EMPLEO Y ALIMENTACIÓN EN LA HUASTECA HIDALGUENSE 1289

Juan Carlos Martínez Beltrán, Marco Antonio Hernández Hernández, Monserrat Zamora González, Virginia Hervé Velasco, Leonilo Solís Campos, Moisés Hernández Ramírez, José de Jesús Pérez Bautista, Agustín Yimir López Ramos, Juan Miguel López Carrillo, Martín Hernández Mogica

ESCUELAS DE CAMPO EN EL INIFAP. ORIGEN, DESARROLLO Y PERSPECTIVAS 1295

Mariano Morales Guerra, José Rafael Contreras Hinojosa, Romualdo Vásquez Ortiz, David H. Noriega Cantú, Eileen Salinas Cruz y Jesús Martínez Sánchez



Índice

HUERTOS FAMILIARES Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA CON LA ORGANIZACIÓN EL COPALITO, EN TLALCOZOTITLÁN, COPALILLO, GUERRERO 1302

Romualdo Vásquez Ortiz, David Heriberto Noriega Cantú, Mariano Morales Guerra, Jesús Martínez Sánchez, Eileen Salinas Cruz y José Rafael Contreras Hinojosa

DESARROLLO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PINÁCEAS DE LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ 1314

Roberto Ruiz Castro, Norma Leticia Hernández Chaparro y Arturo Martín Morales Rayón

EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CAPACITACIÓN EN LA AGROCADENA DE AGUACATE COMO PARTE DEL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA 1324

Juan Quintanar Olguin y Raúl Ríos Sánchez

DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE CAPACITACIÓN E INNOVACIONES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ EN EL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA 1331

Juan Quintanar Olguin y Raúl Ríos Sánchez

EL PROCESO DE EXTENSIONISMO EN EL MARCO DEL PROGRAMA NACIONAL FORESTAL 1337

Juan Quintanar Olguin

TRANSFERENCIA, MODELO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR AGRICULTURA DE TEMPORAL EN GUANAJUATO, MÉXICO 1344

José Alfonso Aguirre G.

USO DE PLANTAS MEDICINALES EN PASO SERRANO, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ: UN ESTUDIO DE CASO 1352

Trigueros Vázquez Imna Y., Bautista García Germán, Cessa Reyes Victoria y Alejandra Ivonne García Sánchez

EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CADENA AGROALIMENTARIA DURANTE EL SIGLO XXI 1363

Mónica Elena Parra Melchor, María del Carmen Álvarez Ávila y Alberto Asiain Hoyos

TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN VINCULADA A MÓDULOS AGROFORESTALES 1371

Nelda Uzcanga Pérez, Ana Lid Del Angel Pérez, Aixchel Maya Martínez y Bertha Larqué Saavedra

ADOPCIÓN DE ECOTECNOLOGÍAS EN EL MEDIO RURAL DE LAS ALTAS MONTAÑAS DEL ESTADO DE VERACRUZ 1382

Diana Laura Barradas León, María de Jesús Bonilla Vásquez, Salvador Partida Sedas y Adán Cabal Prieto

DISEÑO DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR 1395

María del Carmen Álvarez Avila, Adlay Reyes Betanzos, Sarai Jáuregui Arenas y Lorena Patricia Sánchez Márquez

PRÁCTICAS DE COMERCIALIZACIÓN DE LOS PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES CAFETALEROS DE LA REGIÓN CORDOBA-HUATUSCO 1411

Bernardo Beristáin Ruiz, Benigno Rodríguez Padrón, Fernando Sáenz Segura y Vinicio Horacio Santoyo Cortés

INTEGRACIÓN DE LA RED DE VALOR DEL CAFÉ EN LA REGIÓN DE ZONGOLICA, VERACRUZ 1422

Julio Díaz José, Gregorio Briones Ruiz, Hilario García Martínez, Pablo Andrés Meza



Índice

INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARTICIPATIVA PARA FOMENTAR PROCESOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE CAFÉ DE VERACRUZ 1433

Juan Ángel Tinoco Rueda y Jaquelina Vivanco González

ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS GGAVATT DEL ESTADO DE GUANAJUATO 1441

América Alejandra Luna Estrada y Tomás Arturo González Orozco

PROCESO DE CAPACITACIÓN PARA CONTRARRESTAR DAÑOS POR ROYA DEL CAFETO *Hemileia vastatrix* Berk et Br. EN MÉXICO 1452

Rosalío López Morgado, Luis Eduardo García Mayoral y Modesto Carlos Castillo Guerrero

IMPLEMENTACIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN COMUNIDADES DE ALTA MARGINACIÓN, COMO PROCESO DE MEJORA PARA GENERAR INGRESOS 1467

Eileen Salinas Cruz, Jesús Martínez Sánchez, Mariano Morales Guerra, Romualdo Vásquez Ortiz, David H. Noriega Cantú y José Rafael Contreras Hinojosa

ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN LA OPERACIÓN DE HUERTOS ESCOLARES 1478

María Herlinda López Armas y María del Carmen Álvarez Ávila

BIOTECNOLOGÍA

ESTABLECIMIENTO Y MULTIPLICACIÓN *In vitro* DE PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* L. Merrill) 1494

Arelly López Flores, Sugey Vásquez Hernández, Martín Mata Rosas, Maricela Santiago Santiago y Jericó Jabín Bello Bello

PROPAGACIÓN *In vitro* DE MALANGA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) 1503

Eucario Mancilla Álvarez, Rosalía Núñez Pastrana, Samantha Arano Ávalos, Alberto Asiain Hoyos y Jericó Jabín Bello Bello

IDENTIFICACIÓN DEL AEROSOL BIOLÓGICO AÉREOTRANSPORTADO ENTRE SIERRA NEVADA Y GRANADA, ESPAÑA 1512

Diana Uresti Durán, Paloma Cariñanos González, Hassan Lyamani y Lucas Alados Arboledas

BIOFERTILIZACIÓN DE *Lactuca sativa* L. EN SUELOS ESTERILIZADOS CON EXTRACTOS BOTÁNICOS 1526

Isabel Alemán Chávez, Ramón Zulueta Rodríguez, Enrique Ángel Núñez Sánchez, Carmen Núñez Camargo, Fernando Hernández Baz, Gerardo Castro Bobadilla y Lilitiana Lara Capistrán

REGENERACIÓN *In vitro* DE BROTES DE ESTEVIA (*Stevia rebaudiana* B.) UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS DE PLATA 1536

Celia Guadalupe Castro González, Jericó Jabín Bello Bello, Mariana González Torres, Nina Bogdanchikova y Fernando Carlos Gómez Merino

DETERMINACIÓN DE TAMAÑO ÓPTIMO DE YEMAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS ARTIFICIALES 1546

Raymundo Hernández Espinoza, Jericó Jabín Bello Bello, Maurilio Mendoza Mexicano y Fernando Carlos Gómez Merino

PROTOCOLO DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA PARA LA REGENERACIÓN *In vitro* DE *Rhyncholelia glauca* (Lindley) Schltr 1553

Dalia Moreno Tepole, Hilda Eulalia Lee Espinosa, María Elena Galindo Tovar y Joaquín Murguía González



Índice

ESTUDIO NUTRIMENTAL COMPARATIVO DE HUEVO DE GRANJA Y DE TRASPATIO 1563

Miriam Rosas Juárez, María Guadalupe Meza García y Erik Ocaranza Sánchez

BIORREACTOR SETIS™: UN SISTEMA EFICIENTE PARA LA PROPAGACIÓN *In vitro* DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) 1572

Isabel Cruz Villegas, Jericó Jabin Bello Bello, Carlos Cruz Cruz, Marco Antonio Ramírez Mosqueda y Juan Antonio Pérez Sato

CRECIMIENTO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) POR EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES BAJO ESTRÉS HÍDRICO 1580

Angela Michelle González López, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar, Cecilia Guizar González, Jhony Navat Enríquez Vara y Gabriel Rincón Enríquez

EXPRESIÓN DEL PEPTIDO DE MEMBRANA C6XFB8 DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*, MEDIANTE ELECTORORESIS EN POLIACRILAMIDA PAGE-SDS 1590

Isidro Humberto Almeyda León, María Genoveva Álvarez Ojeda, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Alberto Mendoza Herrera[†], Ana Belén Hernández Hernández y Roberto Omar Castañeda Arreola

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DEL BACTERÍOFAGO Φ Xaf18 ASOCIADO A LA BACTERIA FITOPATÓGENA *Xanthomonas vesicatoria* 1601

Marcela Ríos Sandoval, Gabriel Rincón Enríquez, Guillermo Alejandro Solís Sánchez, Saul Fraire Velázquez y Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar

RESPUESTAS DE TRES GRUPOS VARIETALES DE *Sechium edule* (Jacq.) Swartz INOCULADOS CON *Phytophthora capsici* 1610

Edgar Josué Hernández Marañón y Rosalía Núñez Pastrana

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE *Brucella* spp. EN MUESTRAS DE QUESO FRESCO DE VACA EN VERACRUZ, MÉXICO 1620

Gabriela Romina Hernández Carbajal, David Itzcoatl Martínez Herrera, Violeta Trinidad Pardío Sedas, Rodolfo Quintana Castro, Karla María López Hernández, Rosa María Oliart Ros, José Francisco Morales Álvarez, José Alfredo Villagómez Cortés y Javier Cruz Huerta Peña

PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LAS LAGUNAS CHACAHUA Y PASTORIA, OAXACA 1630

Rafael A. Guajardo Panes, Saray Baizabal Rivera, Gabriel Díaz Padilla, Finlandia Barbosa Moreno, José Antonio Cueto Wong e Ignacio Sánchez Cohen

DETECCIÓN DE *Candidatus Liberibacter asiaticus* MEDIANTE PCR-PUNTO FINAL, UTILIZANDO INICIADORES DISEÑADOS A PARTIR DE LOS GENES *Omp* Y *Clibasia_02425* 1644

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera, Isidro Humberto Almeyda León, María Genoveva Alvarez Ojeda, Carlos Hernández Guerra y Alberto Mendoza Herrera

ESTABILIDAD GENÉTICA EN MATERIAL CONSERVADO *In vitro* DE *Vanilla* spp. 1656

José R. Bautista Aguilar y Lourdes G. Iglesias Andreu y Marco A. Ramírez Mosqueda

EFFECTO MORFOLÓGICO DEL ÁCIDO SALICÍLICO (SA) EN EL CULTIVO *In vitro* DE *Vanilla planifolia* Jacks. 1664

Luis C. Ortega Macareno, Lourdes Iglesias Andreu, Marco Ramírez Mosqueda

DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES: PRE-TRATAMIENTO ÁCIDO COMO OPCIÓN DE MEJORA 1671

Carlos Alberto Vargas Licona, Magdalena Jiménez Hernández, Oscar Andrés del Ángel Coronel y Noemi Nava Valente

EVALUACIÓN DE LA FIRMEZA DE FRUTO EN CHAYOTE (*Sechium edule* Jack. Sw.) EN RELACIÓN A PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE VIDA DE ALMACÉN 1683

Oscar Andrés Del Ángel Coronel, Juan Díaz Vela, Karen Sarahí Acolt Cabal, Magdalena Jiménez Hernández y Noemí Nava Valente



Índice

FORO “IMPORTANCIA, PROBLEMÁTICA, PRESERVACIÓN Y MANEJO RACIONAL DE LOS MANGLARES EN MÉXICO”

SITUACIÓN DE LOS MANGLARES EN VERACRUZ Y SU PROBLEMÁTICA Patricia Moreno Casasola	1696
MONITOREO DE MANGLARES EN LA COSTA DE VERACRUZ Ana Laura Lara Domínguez y Jorge López Portillo Guzmán	1708
ALMACENES DE CARBONO Y FLUJOS DE METANO EN MANGLARES CON DIFERENTE TIPO DE VEGETACIÓN EN EL ESTADO DE VERACRUZ María Elizabeth Hernández Alarcón y Diego A. Junca	1721
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE MANGLARES EN EL HUMEDAL DE ALVARADO, VERACRUZ Ignacio Cuauhtémoc Sánchez Luna y Luisa de Jesús Tiburcio Palacios	1732
ECOTURISMO EN MANGLARES: UNA ALTERNATIVA DE RECREACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN CIUDADANA David Díaz Romero	1739

FORO “INVESTIGACIÓN EN PLAGAS REGLAMENTARIAS DE LOS CÍTRICOS PARA FORTALECER LA OPERACIÓN DE LAS CAMPAÑAS FITOSANITARIAS”

ESTATUS DEL HUANGLONGBING Y <i>Candidatus liberibacter</i> EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL DEL SURESTE DE MÉXICO Emiliano Loeza Kuk, Claudia Tania Lomas Barrié, Lizette Cicero Jurado y Jhibran Ferral Piña	1748
DETECCIÓN PRESUNTIVA DEL HUANGLONGBING (HLB) DE LOS CÍTRICOS A TRAVÉS DE IMÁGENES Juan José Garza Saldaña, Sóstenes Edmundo Varela Fuentes, Wilfrido Gómez Flores	1759
AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL QUÍMICO DE <i>Diaphorina citri</i> EN ÁRBOLES JÓVENES DE NARANJO Santos Díaz-Martínez y J. Isabel López-Arroyo	1769
EVALUACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS EN APLICACIONES REGIONALES, Y DE <i>Isaria javanica</i>, COMO ESTRATEGIAS DE CONTROL DE <i>Diaphorina citri</i> Jhibran Ferral Piña	1782
RESULTADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DE LA RESISTENCIA AL VECOR DEL HLB EN LOS ESTADOS CITRÍCOLAS DE MÉXICO Francisco Osorio Acosta, Juan A. Villanueva Jiménez, Laura Ortega Arenas, Víctor H. García Méndez, Ulises Díaz Zorrilla, Jacqueline Luna Olivares, Sherell Zamora Juárez, Rosaura Jose Pablo, Gonzalo Luna Olivares y Rocío Liliana Aguirre Hernández	1791



Índice

DINÁMICA DE LA RESISTENCIA DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE) A INSECTICIDAS EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL EN VERACRUZ, MÉXICO 1800

Víctor Hugo García Méndez, Laura Delia Ortega Arenas, Juan Antonio Villanueva Jiménez, Joel Lara Reyna, Ángel Lagunes Tejeda y Hussein Sánchez Arroyo

EVALUACIONES DEL PARASITOIDE *Tamarixia radiata* Waterston (HIMENOPTERA: EULOPHIDAE) EN ESTADOS CITRÍCOLAS DE MÉXICO 1811

María Dolores García Cancino y Hugo César Arredondo Bernal

EVALUACIÓN DE LAS LIBERACIONES DE *Tamarixia radiata* EN EL SURESTE DE MÉXICO 1823

Lizette Cicero Jurado, Emiliano Loeza Kuk, Jhibran Ferral Piña y Claudia Tania Lomas Barrié

PATOGENICIDAD DE *Fusarium semitectum* BERK. & RAVENEL, GREVILLEA SOBRE *Diaphorina citri* KUWAYAMA 1834

Margarita Lavin Maya, J. Isabel López Arroyo, Kenzy Iveth Peña Carrillo, Rosalva Salgado Bravo, Raúl Rodríguez Guerra

OCURRENCIA DE AISLADOS SEVEROS DE CTV (*Citrus tristeza virus*) EN MÉXICO 1842

Iobana Alanís Martínez, Patricia Rivas Valencia, Eufrosina Cora Valencia, Gustavo Mora Aguilera y Abel López Buenfil





VERACRUZ 2018



AGRÍCOLA



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



SOLUCIÓN DE SUELO (pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA), FERTILIZACIÓN MINERAL Y ABONO VERDE EN CULTIVOS SUCESIVOS

Nain Peralta Antonio^{1*}, Maristela Wattier² y Ricardo Henrique Silva Santos²

Resumen

Conocer los cambios de la acidez activa (pH) y conductividad eléctrica (CE) de la solución del suelo ayuda a comprender el impacto de la fertilización sobre la disponibilidad de nutrientes que a su vez afectará a los cultivos agrícolas, al primer cultivo, así como al cultivo subsecuente. El objetivo del trabajo fue evaluar los cambios de pH y CE de la solución de suelo en cultivos sucesivos de brócoli y pasto *Brachiaria brizantha*. Aplicación en dosis única de fertilización mineral aplicado en 200% de la dosis recomendada (FM200), 10 t/ha de mucuna (con base en MS) (MU10); fertilización mineral proporcionando la misma cantidad de nutrientes suministrado con MU10 (FM=MU10); 10 t/ha⁻¹ de mucuna + fertilización mineral para suministrar la misma cantidad de nutrientes de FM200 (MU10+FM=FM200), fue realizado inicialmente en el trasplante del brócoli. El pH presentó variabilidad en el cultivo de brócoli y *B. brizantha*, menor pH se observó con FM200 y FM=MU10. Mayor valor y variabilidad de la CE se observó en el cultivo de brócoli, menor CE se obtuvo con MU10 y MU10+FM=FM200. Se concluye que el abono verde presentó efecto alcalino en la solución del suelo y menor conductividad eléctrica, la fertilización mineral promovió acidificación de la solución del suelo y mayor conductividad eléctrica y la fertilización conjunta de mucuna y fertilización mineral estimuló valores intermedios de acidez activa y conductividad eléctrica.

Palabras clave: *Brassica oleracea* var. *italica*, *Mucuna cinerea*, sin. *Stizolobium cinereum*, lisímetro, efecto residual

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. *peralta.nain@inifap.gob.mx.

² Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.





Introducción

La cinética de los nutrientes de la solución del suelo presenta variaciones espaciales y temporales en función de la interacción de nutrientes aplicados a través de la fertilización, necesidad nutrimental del cultivo y los componentes del suelo. Esa dinámica de nutrientes puede ser representada a través de parámetros como la acidez activa y conductividad eléctrica de la solución del suelo, debido a que se correlacionan con la concentración de nutrientes y que a la vez afectará el crecimiento y rendimiento de cultivos agrícolas (Miranda *et al.*, 2006).

La aplicación de residuos orgánicos puede disminuir la acidez activa del suelo por su efecto alcalino, estimulado por la liberación de cationes básicos y por compuestos de bajo peso molecular que reaccionan con el H^+ y disminuyen su concentración en la solución del suelo (Adeleke *et al.*, 2017; Brady y Weil, 2013). Situación que cambia con la fertilización mineral, principalmente cuando se utilizan fertilizantes nitrogenados que adicionan o forman NH_4^+ . (Brady y Weil, 2013).

Mayor conductividad eléctrica se espera con fertilización mineral debido a que los nutrientes se encuentran en la forma inorgánica, por lo que estimula rápida concentración de iones en la solución del suelo. Esto es diferente con abono verde, donde los nutrientes se encuentran en forma orgánica y antes de llegar a la solución del suelo requieren pasar por el proceso de mineralización, que es regulado por la acción de microorganismos (Heuck *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2017).

Las necesidades nutrimentales de los cultivos influyen directamente a las características de la solución del suelo, su mayor efecto ocurre en las etapas fenológicas de mayor demanda nutrimental. Para el caso del brócoli la mayor velocidad de absorción de N, P, K, Ca, Mg y S ocurre cuando la planta alcanza su máximo crecimiento de la parte aérea (Rincón *et al.*, 1999), por lo que se espera mayor influencia sobre la solución del suelo en esta etapa fenológica.

Los nutrientes aplicados a través de fertilización mineral u orgánica además de influenciar al primer cultivo, pueden tener efectos en cultivos subsecuentes sin necesidad de realizar nuevas fertilizaciones (Vargas *et al.*, 2017), aunque se espera que la cantidad de nutrientes removidos por el primer cultivo inflencie las características de la solución del suelo en el





cultivo subsecuente, con tendencia a reducir la concentración de nutrientes y en consecuencia menor conductividad eléctrica del suelo.

Por lo anterior el objetivo de la investigación fue evaluar los cambios en la acidez activa y la conductividad eléctrica de la solución del suelo en dos cultivos sucesivos, donde se utilizó brócoli de cabeza única y el pasto *Brachiaria brizantha*, fertilizados en dosis única de fertilización mineral, abono verde y su aplicación combinada.

Materiales y métodos

Abono verde

Mucuna (*Mucuna cinerea*, sin. *Stizolobium cinereum*) fue sembrado en campo, en la Universidad Federal de Viçosa (20°45'14" S y 42°52'53" W) y cosechado al momento de la floración (15/04/2016) fue utilizado como abono verde. Después de la cosecha, la biomasa fue cortada en pedazos de 8 cm de longitud, secado en sombra y almacenada hasta el momento de su utilización. Características químicas de la mucuna fueron determinadas a partir de muestras representativas de hojas (8.13 de relación C/N y 43.1, 5.3, 0.35, 1.2, 1.64, 0.23, 0.23 dag/kg MS de carbono orgánico, N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente) y tallo (19.9 de relación C/N y 39.8, 2.0, 0.22, 1.4, 0.74, 0.11, 0.10 y 19.9 dag/kg MS de carbono orgánico, N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente).

Cultivos sucesivos

El experimento consistió en cultivos sucesivos de brócoli de cabeza única (*Brassica oleracea* var. *italica*) Legacy y pasto *B. brizantha*. Semillas de brócoli fueron sembradas en bandejas de unicel y mantenidas en casa de vegetación. Plántulas de cuatro hojas verdaderas fueron trasplantadas individualmente (17/07/2017) a macetas de plástico de 20 L llenados previamente con suelo (6.2 de pH, concentración de 13.1, 130, 57.4 mg/dm³ de P, K, S, 2.2, 0.3, 0.0, 1.65, 2.8, 2.8, 4.5 e 63 cmol/dm³ de Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, t, T e V de P-rem). La siembra de *B. brizantha* fue realizada después de la cosecha del brócoli (11/10/2017) en las mismas macetas. Tres cortes de *B. brizantha* fueron realizados mensualmente (30/11/2017, 22/12/17 y 25/01/2017).





Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos aplicados al cultivo de brócoli fueron definidos con base en las características del suelo y su necesidad nutrimental. Los tratamientos: 1) testigo sin aplicación de fertilizante, 2) fertilización mineral, aplicando el 200% de la dosis recomendada para el cultivo (FM200), 3) 10 t/ha de mucuna (con base en materia seca) (MU10), 4) fertilización mineral proporcionando la misma cantidad de nutrientes suministrado con MU5 (FM=MU10), 5) 10 t/ha de mucuna + fertilización mineral para suministrar la misma cantidad de nutrientes de FM200 (MU10+FM=FM200), fueron aplicados en una sola dosis un día antes del trasplante de las plántulas.

Dosis de 560, 800, 200, 320, 194.4 y 60 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg y S se aplicaron con FM100 y MU10+FM=FM200, respectivamente y 365, 65, 157, 119, 17 y 16.5 kg/ha de N, P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg y S se aplicaron con MU10 y FM=MU10, respectivamente.

La dosis recomendada de cada nutriente fue dividida entre el volumen de suelo de una hectárea a 20 cm de profundidad (2 millones de L de suelo), multiplicado por 20 (volumen de suelo en L/maceta) para determinar la dosis por planta.

Urea (46% de N), $Ca(NO_3)_2$ (14% de N, 18% de Ca y 0,5% de Mg), KCl (58% de K_2O), $NH_4H_2PO_4$ (11% de N, 60% de P_2O_5), cal dolomítica (37% de CaO, 13% de MgO), $MgSO_4$ (9% de Mg, 11% de S) y MgO (55% de Mg) fue utilizado para aplicar los nutrientes en los tratamientos FM100 (9.0, 13.4, 3.4, 12.2, 5.4 y 0.8 g/maceta de urea, $NH_4H_2PO_4$, KCl, calcáreo, $MgSO_4$ y MgO), FM=MU10 (4.4, 6.0, 2.6, 1.6 y 6.4 g/maceta de urea, $NH_4H_2PO_4$, KCl, $MgSO_4$ y $Ca(NO_3)_2$) y MU10+FM=FM200 (1.4, 12.2, 0.8, 9.4, 4.0 y 1.4 g/vaso de urea, $NH_4H_2PO_4$, KCl, calcáreo, $MgSO_4$ y MgO). Los fertilizantes minerales fueron mezclados con el suelo antes de llenar las macetas, la biomasa de mucuna fue colocada como cobertura sobre la superficie del suelo (100 g/maceta siendo 50 g de hoja y 50 de tallo) (Figura 1). Diseño de bloques aleatorios y cuatro repeticiones por tratamiento fue utilizado, considerando una planta como unidad experimental.



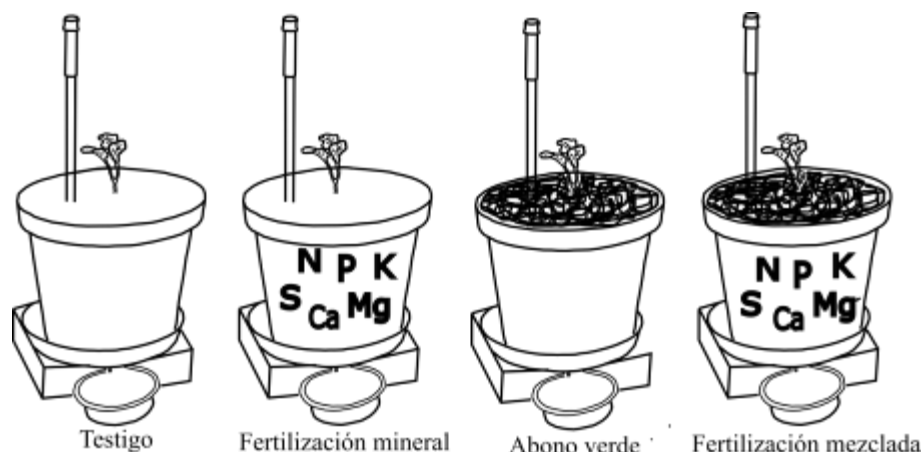


Figura 1. Esquema de colocación de los tratamientos de fertilización en el cultivo de brócoli y la colocación de lisímetros para coleccionar la solución de suelo.

Solución del suelo

Un lisímetro de $\frac{1}{2}$ " (con cápsula porosa con terminal semiesférica) fue instalado en cada maceta, a 10 cm de profundidad y 10 cm del tallo para coleccionar la solución del suelo. Colectas semanales de la solución del suelo fueron realizadas en el cultivo de brócoli (desde el trasplante hasta la cosecha) y *B. brizantha* (desde la siembra hasta el último corte). Riegos hasta alcanzar capacidad de campo del suelo fueron realizados en cada fecha de fecha de colecta. Presión de -70 Kpa fue aplicada para hacer el vacío (con ayuda de una jeringa desechable) en cada extractor. Posterior al llenado de los extractores, la solución de suelo fue coleccionada y almacenada en refrigerador hasta el momento de su análisis.

Acidez activa (pH) y conductividad eléctrica (CE) de la solución del suelo

Valores de pH y conductividad eléctrica de la solución del suelo fueron obtenidos a través de un medidor de pH y conductímetro en cada fecha de muestreo.

Análisis de datos

Datos de pH y CE fueron analizados a través de la media aritmética y desviación estándar para el ciclo productivo de brócolis y *B. brizantha*.





Resultados y discusión

Acidez activa (pH)

El pH de la solución del suelo presentó cambios a través del tiempo. Valor inicial que fluctuó entre 6.3 a 6.4 de pH al momento del trasplante de brócolis pasó a fluctuar entre 6.8 y 7.2 en la cosecha. Mayor valor de pH se observó al momento de la siembra de la *B. brizantha* y fluctuó entre 7.1 y 7.4, valores que disminuyó y fluctuó entre 6.4 y 6.7 en el tercer corte de la *B. brizantha* (Figura 2).

Diferencias de pH entre tratamientos comenzó a partir de los 21 días posteriores a la aplicación y la mayor diferencia se observó al momento de la aparición floral del brócoli. Menores valores de pH en suelos manejados con FM200 en comparación con MU10 indica que las cantidades de K, Ca y Mg aplicado no fueron suficientes para neutralizar el efecto acidificante de la urea. Valores intermedios de pH en suelos manejados con MF=MU10 se atribuyen a la menor cantidad de N aplicado y la forma en que este nutriente se aplicó, en este tratamiento 48% se aplicó a través de la urea y 52% en la forma de nitrato de calcio, de esta forma, menor cantidad de NH_4^+ (proveniente de la urea) resultó en menor nitrificación y menor H^+ liberado al suelo, además de que el nitrato de calcio es reportado como un fertilizante con efecto alcalino para el suelo (Conyers *et al.*, 2011; Tang *et al.*, 2011), lo que resultó en la neutralización parcial del efecto acidificante de la urea. Poca alteración ocurrió en suelos que recibieron abono verde, debido a que, similar acidez activa de la solución de suelo se observó con abono verde, fertilización combinada y suelos no fertilizados. Mínima modificación del pH en suelos que recibieron fertilización combinada se atribuye a que 65% del N fue aplicado mediante la mucuna, siendo las cantidades de urea insuficientes para disminuir el pH del suelo. Abono verde presenta capacidad de neutralización acida por los cationes K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ liberados a la solución del suelo (Marschner y Noble, 2000; Xu *et al.*, 2006). Además de los cationes, también son liberados diversos aniones orgánicos con terminales hidroxilos (OH^-) y carboxilos ($-\text{COOH}$), como ácido cítrico, oxálico, succínico y málico (Adeleke *et al.*, 2017; Pinheiro *et al.*, 2014) que reaccionan con el H^+ de la solución del suelo por el proceso de descarboxilación ($\text{R-CO-COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{R-COH} + \text{CO}_2$) (Yan *et al.*, 1996; Brady y Weil, 2013) contribuyendo así a mantener o incrementar el pH del suelo.



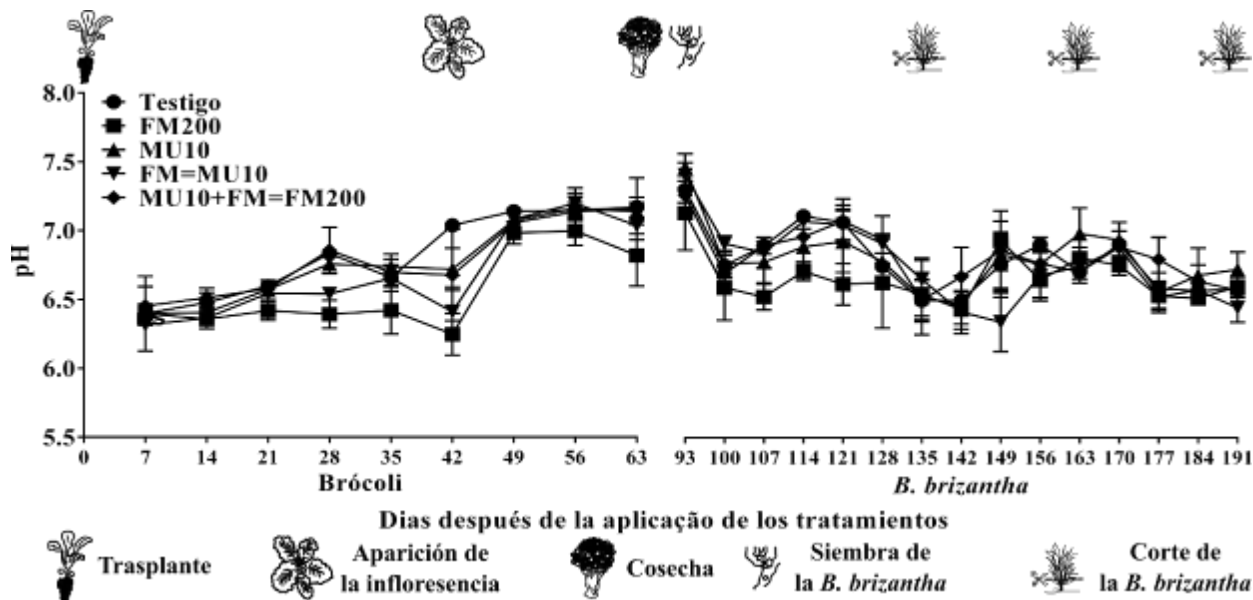


Figura 2. Comportamiento de la acidez activa (pH) de la solución del suelo en los cultivos consecutivos de brócoli y *Brachiaria brizantha*, manejados con fertilización mineral aplicada en 200% de la dosis recomendada (FM200), 10 t/ha de mucuna (con base en MS) (MU10); fertilización mineral proporcionando la misma cantidad de nutrientes suministrado con MU5 (FM=MU10); 5) 10 t/ha de mucuna + fertilización mineral para suministrar la misma cantidad de nutrientes de FM200 (MU10+FM=FM200), aplicados inicialmente en una sola dosis, un día antes del trasplante del brócoli.

Conductividad eléctrica (CE)

Mayor valor de CE se observó en las primeras tres semanas posteriores al trasplante del brócoli. En la medida que creció la planta de brócoli disminuyeron los valores de CE. Incremento de CE se observó hasta antes del primer corte de *B. brizantha*, valores que disminuyeron y se mantuvieron con mínima variación hasta el último corte (Figura 3).

Mayores valores de CE antes de los 21 días después del trasplante de brócoli se atribuyen a la mínima extracción de iones, debido a la baja demanda de nutrientes en esta etapa fenológica del brócoli. La demanda de nutrientes aumenta después de la tercera o cuarta semana posterior al trasplante (Magnifico *et al.*, 1989; Cecílio Filho *et al.*, 2017) lo que explica la disminución de la CE después de los 21 días de trasplante. Máximos valores de CE alcanzados por FM200, FM=MU10, testigo, MU10+FM=FM200 y MU10 fueron 1958, 1521, 1360, 970 e 822 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Mayor CE en suelos que recibieron fertilización mineral se debe a que los nutrientes fueron aplicados en la forma inorgánica, lo que aumentó rápidamente la concentración de iones en la solución del suelo.

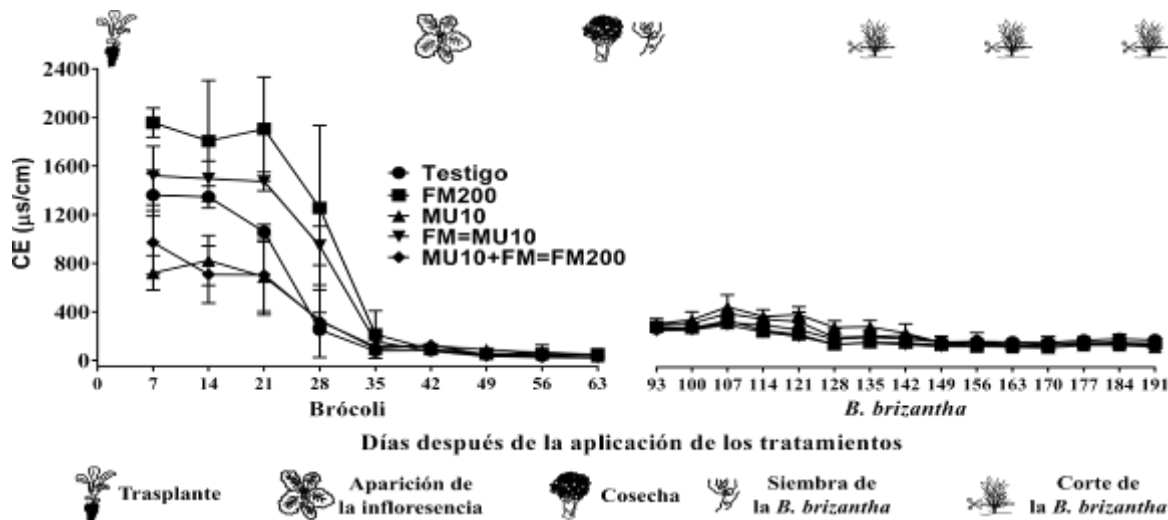


Figura 3. Comportamiento de la conductividad eléctrica (CE) de la solución del suelo en los cultivos consecutivos de brócoli y *Brachiaria brizantha*, manejados con fertilización mineral aplicada en 200% de la dosis recomendada (FM200), 10 t/ha de mucuna (con base en MS) (MU10); fertilización mineral proporcionando la misma cantidad de nutrientes suministrado con MU5 (FM=MU10); 5) 10 t/ha de mucuna + fertilización mineral para suministrar la misma cantidad de nutrientes de FM200 (MU10+FM=FM200), aplicados inicialmente en una sola dosis, un día antes del trasplante del brócoli.

Nutrientes aplicados a través del abono verde se encuentran en forma orgánica y para ser liberados al suelo necesitan pasar por el proceso de mineralización, proceso que es regulado por los microorganismos edáficos. La adición de residuos orgánicos con carbono lábil aumenta la población y diversidad de microorganismos, situación que cambia con fertilización mineral, donde la población y diversidad microbiana disminuye en la medida que aumenta la dosis de fertilizantes minerales (Zang *et al.*, 2016), por lo tanto, se espera que la población de microorganismos sea mayor en suelos manejados con abono verde en comparación con fertilización combinada y fertilización mineral. Se presume que en suelos manejados con fertilización combinada los microorganismos inicialmente obtuvieron nutrientes de los fertilizantes minerales y una vez agotados los nutrientes en la forma inorgánica, los microorganismos estimularon la descomposición de residuos orgánicos y mineralización de nutrientes (Riggs y Hobbie, 2016; Li *et al.*, 2017). Situación diferente ocurrió en suelos manejados exclusivamente con abono verde, al ser los residuos orgánicos la única fuente de nutrientes ocurre mayor competencia de nutrientes entre las plantas y los microorganismos, resultando en mayor remoción de iones en la solución del suelo y en consecuencia menor CE en estos suelos. Valores intermedios de CE en suelos no fertilizados se atribuyen a los cambios en la dinámica de la población microbiana, se presume que suelos no fertilizados



estimularon la presencia de microorganismos selectos con estrategia de crecimiento “k”, que se caracterizan por bajo índice de crecimiento, baja habilidad competitiva de nutrientes y alta capacidad para producir enzimas para descomponer compuestos orgánicos recalcitrante (Blagodatskaya *et al.*, 2007). Otro factor que pudo contribuir a valores intermedios de CE en suelos no fertilizados es la liberación de exudados de la raíz, que pueden actuar como subsidio energético para microorganismos productores de enzimas o pueden reaccionar directamente con los minerales del suelo, como estrategias de las plantas para obtener nutrientes del suelo (Meier *et al.*, 2017).

Conclusiones

1. La mucuna presentó efecto alcalino en la solución del suelo y menor conductividad eléctrica. 2. La fertilización mineral promovió acidificación de la solución del suelo y mayor conductividad eléctrica. 3. La fertilización combinada estimuló valores intermedios de acidez activa y conductividad eléctrica.

Literatura citada

- Adeleke, R., C. Nwangburuka and B. Oboirien. 2017. Origins, roles and fate of organic acids in soils: A review. *South African Journal of Botany* 108:393-406.
- Blagodatskaya, E. V., S. A. Blagodatsky, T.-H. Anderson, and Y. Kuzyakov. 2007. Priming effects in Chernozem induced by glucose and N in relation to microbial growth strategies. *Applied Soil Ecology* 37(1):95-105.
- Brady, N. C., and R. R. Weil. (2013). *Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 685 p.
- Cecílio Filho, A. B., V. M. V. Carmona and A. A. S. Junior. 2017. Broccoli growth and nutrient accumulation. *Científica* 45(1):95-104.
- Conyers, M. K., C. Tang, G. J. Poile, D. L. Liu, D. Chen and Z. Nuruzzaman. 2011. A combination of biological activity and the nitrate form of nitrogen can be used to ameliorate subsurface soil acidity under dryland wheat farming. *Plant and Soil* 348(1-2):155-166.





- Heuck, C., A. Weig and M. Spohn. 2015. Soil microbial biomass C:N:P stoichiometry and microbial use of organic phosphorus. *Soil Biology and Biochemistry* 85:119-129.
- Li, X. G., B. Jia, J. Lv, Q. Ma, Y. Kuzyakov and F. Li. 2017. Nitrogen fertilization decreases the decomposition of soil organic matter and plant residues in planted soils. *Soil Biology and Biochemistry* 112:47-55.
- Magnifico, V., V. Lattanzio, A. Elia and M. Molfetta. 1989. Growth and nutrient removal by broccoli raab. *Advances in Horticultural Science* 3:68-72.
- Marschner, B. and A. D. Noble. 2000. Chemical and biological processes leading to the neutralization of acidity in soil incubated with litter materials. *Soil Biology and Biochemistry* 32(6):805-813.
- Meier, I. C., A. C. Finzi and R. P. Phillips. 2017. Root exudates increase N availability by stimulating microbial turnover of fast-cycling N pools. *Soil Biology and Biochemistry* 106:119-128.
- Miranda, J., L. Marciano da Costa, H. A. Ruiz e R. Einloft. 2006. Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30:633-647.
- Pinheiro, G. L., C. A. Silva and J. M. de Lima. 2014. Soluble carbon in oxisol under the effect of organic residue rates. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38(3):810-820.
- Riggs, C. E. and S. E. Hobbie. 2016. Mechanisms driving the soil organic matter decomposition response to nitrogen enrichment in grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry* 99:54-65.
- Rincón, L., J. Sáez, J. A. Perez, M. D. Gomez y C. Pellicer. 1999. Crecimiento y absorción de nutrientes del brócoli. *Investigación agraria. Producción y Protección Vegetales* 14(1-2):225-236.
- Tang, C., M. K. Conyers, M. Nuruzzaman, G. J. Poile and D. L. Liu. 2011. Biological amelioration of subsoil acidity through managing nitrate uptake by wheat crops. *Plant and Soil* 338(1-2):383-397.
- Vargas, T. de O., E. R. Diniz, A. L. V. Pacheco, R. H. S. Santos, and S. Urquiaga. 2017. Green manure-15N absorbed by broccoli and zucchini in sequential cropping. *Scientia Horticulturae* 214: 209-213.
- Xu, J. M., Tang, C. and Z. L. Chen. 2006. The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. *Soil Biology and Biochemistry* 38(4):709-719.
- Yan, F., S. Schubert and K. Mengel. 1996. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biology and Biochemistry* 28(4):617-624.
- Zang, H., J. Wang, and Y. Kuzyakov. 2016. N fertilization decreases soil organic matter decomposition in the rhizosphere. *Applied Soil Ecology* 108:47-53.





CULTIVO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA DE *Raphanus sativus* VAR. CHAMPION CON TRES SUTRATOS Y DOS DENSIDADES DE SIEMBRA

Gumerindo Honorato De La Cruz Guzmán^{3*}, Sergio Radillo Becerra³, Alberto Arriaga Frías³ y Manuel Mandujano Piña³

Resumen

En dos ciclos de cultivo, el primero, de agosto a septiembre de 2016 y el segundo de abril a mayo de 2017, se evaluó el efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, la capacidad de aireación y capacidad de retención de humedad de tres sustratos y dos densidades de siembra en el crecimiento y rendimiento de rábano 'Champion'. El cultivo se realizó en un invernadero con cubierta plástica donde la temperatura promedio fluctuó de 15 a 25 °C, la humedad relativa de 40 a 80 % y la radiación fotosintéticamente activa (RFA), a medio día, de 150 a 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En el primer ciclo, el fertirriego se realizó con solución nutritiva Steiner preparada a 0.8, 1.2 y 1.7 dS m^{-1} , en el segundo se aplicó fertirriego a 1.7 dS m^{-1} , como sustratos se utilizaron tezontle, agrolita y vermiculita con densidades de siembra de 70 y 140 plantas m^{-2} . Las variables evaluadas semanalmente fueron: Número de hojas (NH), área foliar (AF) y altura de la planta. En la cosecha se evaluó biomasa fresca y seca, contenido de humedad, longitud y volumen de raíces. El fertirriego con solución nutritiva de 1.7 dS m^{-1} incrementó el NH, el AF y la altura de la planta. El cultivo en tezontle mejoró el crecimiento y la biomasa seca de raíces. El rendimiento de rábano 'Champion', evaluado como biomasa fresca y seca, no fue modificado por la aireación o capacidad de retención de humedad de los sustratos, pero sí por la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y por las densidades de siembra. El volumen del bulbo o la biomasa fresca y seca es igual si se utilizan cualquiera de los tres sustratos, sin embargo, la densidad de siembra de 70 plantas m^{-2} con fertirriego de 1.7 dS m^{-1} incrementan el crecimiento y el rendimiento de rábano 'Champion'.

³ Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Avenida de los Barrios Número 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. CP. 54090. *delacruz.gumerindo@colpos.mx





Palabras clave: Radiación fotosintéticamente activa, área foliar, biomasa seca, capacidad de retención de humedad

Introducción

Rábano o rabanito 'Champion' tiene alto contenido de antioxidantes, vitaminas y minerales que mejoran la salud de quien lo consume, es una variedad de bulbo redondeado que generalmente se cultiva en traspatio a cielo abierto. Sin embargo, en Oaxaca, la Ciudad de México y Yucatán lo cultivan en sistemas protegidos con superficies cosechadas de 0.265, 0.241 y 0.173 ha respectivamente (López-González *et al.*, 2012). Durante su cultivo, el aporte de nutrientes puede realizarse con abonado orgánico o fertilizantes químicos aplicados directamente o diluidos en la solución nutritiva, cuya preparación se basa en la relación mutua entre aniones y cationes (Steiner, 1961). La conductividad eléctrica que favorece el crecimiento y rendimiento de rábano 'Champion' oscila de 0.9 a 1.9 dS/m (Salermo, 2005).

Los materiales que se utilizan como sustratos se seleccionan por disponibilidad y bajo costo, pero son sus propiedades físicas, como capacidad de aireación (CA) y capacidad de retención de humedad (CRH), las que favorecen la germinación o mejoran el crecimiento y rendimiento. Por sus diferencias en CA y CRH, la biomasa de lechuga orejona se incrementa de 48 a 64% cuando se cultiva en tezontle que cuando se utiliza agrolita (Vargas-Tapia *et al.*, 2008; Juárez, 2014).

La densidad de siembra modifica la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), por ejemplo, en cultivos de cebolla con densidades inferiores a 44 plantas/m² no existe sobreposición de las hojas y todas interceptan la RFA. En contraste, densidades ≥ 66 plantas/m² las hojas compiten por la luz, lo que puede ocasionar disminución del rendimiento, ya que los fotosintatos se invierten en el crecimiento foliar o altura de la planta y no en el llenado del bulbo (Peña, 2015).

El crecimiento y rendimiento están influenciados por la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, las propiedades físicas de los sustratos y la densidad de siembra. Sin embargo, no todas las especies o cultivares responden de la misma manera, por lo que el objetivo de este trabajo fue, evaluar el efecto de tres conductividades eléctricas en la solución nutritiva, la





capacidad de aireación y retención de humedad de los sustratos tezontle, agrolita y vermiculita y dos densidades de siembra (70 y 140 plantas/m²) sobre el crecimiento y rendimiento de rábano 'Champion'.

Materiales y métodos

Para la investigación se realizaron dos ciclos de cultivo, el primero, de agosto a septiembre de 2016, el segundo de abril a mayo de 2017. En ambos, las semillas fueron germinadas en charolas de unicel y, dos semanas después, trasplantadas en unidades de muestreo (contenedores plásticos de 40 x 70 x 15 cm). En el primer ciclo, nueve unidades de muestreo (UM) fueron llenadas con 40 L de tezontle (partículas ≤ 5 mm) y llevadas a capacidad de contenedor con 12.5 L de agua, en cada una se trasplantaron 77 plántulas de rábano 'Champion'. Las UM se separaron en tres tratamientos para aplicar fertirriego con solución Steiner a tres conductividades eléctricas: a) 0.8, b) 1.2 y c) 1.7 dS/m. En el segundo ciclo se utilizaron 18 UM, seis fueron llenadas con 20 L de tezontle, agrolita o vermiculita y separadas en dos grupos de tres UM para trasplantar en cada una 20 o 40 plántulas de rábano 'Champion', equivalente a 70 o 140 plantas/m². En este caso el fertirriego se realizó con solución Steiner, CE, 1.7 d/Sm. En todas las UM, la humedad se mantuvo $\geq 80\%$, para eliminar el exceso de sales se aplicó, cada semana, un riego con agua acidulada (pH, 6.0). En el interior del invernadero se registraron las fluctuaciones de temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa con datalogger, HOBO[®]. Para cada sustrato se determinó su capacidad de aireación y capacidad de retención de humedad (Villegas-Torres *et al.*, 2017). A partir del trasplante, 15 de agosto de 2016 para el primer ciclo y 24 de abril de 2017 para el segundo ciclo, semanalmente, se evaluó: 1) número de hojas, 2) área foliar con integrador de área foliar LI-COR[®] modelo Li-3000A, 3) altura de la planta (cm), desde la superficie del sustrato hasta el ápice de las hojas más largas con vernier digital marca Truper[®]. Durante la cosecha se evaluó: 1) biomasa fresca y seca de hojas, bulbos y raíces, para pesar se utilizó una balanza digital Velab[®] modelo ES-1000H con 0.01 g de precisión. El secado del material, a 80 °C por 24 h, se hizo en un horno Reavel modelo REA-II2240. 2) longitud de





raíces con vernier digital marca Truper®. 3) volumen del bulbo por desplazamiento de agua en una probeta graduada.

Análisis estadístico

En el primer ciclo se aplicó análisis de varianza de un factor y en el segundo de dos factores (F1, tres sustratos; F2, dos densidades de siembra) y pruebas de comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) con el software estadístico SAS® 9.0 para Windows.

Resultados y discusión

En ambos ciclos de cultivo, la temperatura promedio fluctuó de 15 a 25°C, la humedad relativa de 40 a 80% y la radiación fotosintéticamente activa (RFA), a medio día, de 150 a 800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Los valores de RFA fueron suficientes para iniciar los eventos primarios de la fotosíntesis en rábano 'Champion', ya que sus puntos de compensación y saturación de luz son de 150 y 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ respectivamente (Matthew y Raymond, 2012). La capacidad de aireación para tezontle fue de 9.8, para agrolita y vermiculita de 16.4 y 26.2% respectivamente, con diferencias significativas entre sí. La retención de humedad fue significativamente menor en tezontle (31.5%) que en agrolita o vermiculita (40.7%). Valores similares fueron reportados por Martínez y Roca (2011).

Número de hojas

En el primer ciclo de cultivo, las plantas de rábano 'Champion' fertirrigadas con solución nutritiva de 0.8, 1.2 o 1.7 dS/m, tuvieron 6.1 hojas sin diferencias estadísticas entre tratamientos. En el segundo ciclo, las plantas que se cultivaron en tezontle o con densidad de siembra de 70 plantas/ m^2 tuvieron mayor número de hojas. La interacción sustrato densidad de siembra (SxD) fue significativa (Cuadro 1).

En rábanos de ciclo corto, 25 a 30 días, el número de hojas oscila entre 5 y 9 (Kumar *et al.*, 2016). Valores similares fueron obtenidos en rábano 'Champion'. Esta variable se relaciona





de manera indirecta con la acumulación de fotosintatos para el crecimiento y llenado del bulbo (Taiz y Zeiger, 2010).

Cuadro 1. Número de hojas de rábano ‘Champion’ cultivado en tres sustratos inorgánicos con dos densidades de siembra (D).

Factores	Tiempo después del trasplante (semanas)			
	3	4	5	6
Sustrato				
Tezontle	5.13a ^z	6.22a	7.36a	8.50a
Agrolita	4.41b	5.50b	6.27c	7.05c
Vermiculita	4.38b	5.50b	6.61b	7.72b
DHS	0.45	0.52	0.32	0.46
CV (%)	12.24	11.43	6.00	7.44
D (plantas/m ²)				
70	4.81a	5.85a	6.92a	8.00a
140	4.48b	5.62b	6.57b	7.51b
DHS	0.31	0.22	0.22	0.31
CV (%)	12.24	11.43	6.00	7.44
SxD	*	*	*	*

^zLetras diferentes en cada columna, por factor, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Cada dato es el promedio de 10 repeticiones. DHS, diferencia honesta significativa; CV, coeficiente de variación (%). SxD, interacción sustrato-densidad de siembra; *, interacción significativa.

Área foliar (AF)

En las semanas 3 y 4 después del trasplante (ddt), las plantas de rábano ‘Champion’ fertirrigadas con solución de 1.7 dS/m tuvieron un AF de 180 y 250 cm², significativamente mayor que las fertirrigadas con 0.7 o 1.2 dS/m que tuvieron 135 y 200 cm² en las mismas semanas ddt.

En el segundo ciclo, el AF, de rábano ‘Champion’ no mostró diferencias significativas por cultivarse en tezontle, agrolita o vermiculita, pero se incrementó con la densidad de 70 plantas/m² (Cuadro 2).

En lechuga variedad Iceberg, el AF disminuye cuando la conductividad eléctrica (CE) de la solución es ≥ 2.2 dS/m, que en Grand Rapid el AF se incrementa 29% con fertirriego de 1.4 dS/m comparado con el que se realiza a 2 o 3 dS/m cuya área foliar promedio es de 1,653 cm² (Samarakoon *et al.*, 2006; Cepeda-Guzmán *et al.*, 2014).





Cuadro 2. Área foliar (cm²) de rábano ‘Champion’ cultivado en tres sustratos inorgánicos con dos densidades de siembra (D).

Factores	Tiempo después del trasplante (semanas)			
	3	4	5	6
Sustrato				
Tezontle	59.93a	144.46a	177.96a	211.46a
Agrolita	49.61a	151.82a	189.20a	226.57a
Vermiculita	49.14a	132.85a	192.93a	253.01a
DHS	10.93	30.72	31.85	57.05
CV (%)	20.49	26.24	21.16	30.72
D (plantas/m ²)				
70	51.04a	159.57a	211.55a	263.52a
140	54.74a	126.51b	161.84 b	197.17 b
DHS	5.93	20.85	21.62	38.72
CV (%)	20.49	26.24	21.16	30.72
SxD	*	*	*	*

²Letras diferentes en cada columna, por factor, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Cada dato es el promedio de 10 repeticiones. DHS, diferencia honesta significativa; CV, coeficiente de variación (%). SxD, interacción sustrato-densidad de siembra; *, interacción significativa.

En rábano ‘Champion’, el fertirriego con solución a una CE de 1.7 dS/m favoreció el incremento del área foliar y posiblemente la acumulación de fotoasimilados para el llenado del bulbo.

Con respecto a la densidad de siembra, el AF de rábano variedad Crimson Giant se incrementa con 200 plantas/m², sin embargo, llega un momento en el cual el AF de la densidad inferior, 50 plantas/m², sobrepasa a la mayor (Criollo y García, 2009). Respuesta similar se observó en rábano ‘Champion’ a partir de la semana 4 ddt.

Altura de la planta

En la tercera y cuarta semana ddt, la altura de las plantas fue 5 cm mayor con fertirriego de 1.7 dS/m que con 0.8 o 1.2 dS/m cuya altura fue de 23 cm. En el segundo ciclo, hasta la tercera semana ddt, la altura fue mayor (17.8 cm) cuando el cultivo se hizo en tezontle, en la quinta y sexta fue similar en los tres sustratos (26 a 27 cm). El cultivo con 70 plantas/m² tuvo altura menor en la tercera y cuarta semana (11 y 15 cm), después fue similar con ambas densidades de siembra (26.1 a 26.8 cm).





Para rábano 'Champion', la CE de la solución nutritiva debe fluctuar ente 1.5 y 2.5 dS/m, valores superiores a estos dificultan la absorción porque aumentan la presión osmótica, mientras que menores a 0.5 dS/m pueden ocasionar deficiencia nutrimental y disminución en el crecimiento del bulbo (Trejo-Téllez y Gómez-Merino, 2012). La altura de la planta depende de la acumulación de fotoasimilados y de la disponibilidad de nutrientes en el sustrato. La densidad de siembra 140 plantas/m² tuvo altura mayor y se explica por competencia de la RAF, ya que la sobreposición de las hojas reduce la incidencia de luz y estimula la elongación del tallo (Taiz y Zeiger, 2010).

Biomasa fresca (BF), biomasa seca (BS), longitud de raíces (LR) y volumen de bulbo (VB)

En el primer ciclo de cultivo, la BF para hojas y bulbos fluctuó 11.7 a 13.4 y de 4.2 a 8.7 g respectivamente, sin diferencias por efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva. El contenido de humedad en ambos órganos fue >91.5%. La BS en hojas varió de 0.85 a 1.03 g sin diferencias entre tratamientos, mientras que, para los bulbos, fue de 0.22, 0.33 y 0.49 g que corresponde al fertirriego con solución de 0.8, 1.2 y 1.7 dS/m respectivamente.

En el segundo ciclo, la BF de raíces, bulbos y hojas, así como la BS de bulbos, hojas y el volumen de los bulbos fueron similares en los tres sustratos, pero la biomasa seca de raíces fue mayor cuando se utilizó como sustrato tezontle. De manera contrastante, la longitud de raíces fue mayor en agrolita o vermiculita que en tezontle. Con respecto a la densidad de siembra, la biomasa fresca y seca de raíces, bulbos y hojas, así como la longitud de raíces y el volumen de los bulbos fueron mayores cuando el cultivo que se realizó con densidad de siembra de 70 plantas/m². Las interacciones sustrato-densidad de siembra fueron significativas y no significativas (Cuadro 3).

Para incrementar la longitud de las raíces se requieren sustratos porosos con alta capacidad de retención de humedad, similares a la agrolita o la vermiculita, que en este caso promovieron la longitud de las raíces comparado con tezontle que mejoró el peso seco. Esto indica que las raíces, de rábano 'Champion', cultivadas en tezontle fueron más cortas y gruesas que las desarrolladas en agrolita o vermiculita que fueron delgadas y de mayor longitud. Altas densidades de siembra disminuyen la radiación incidente y afectan el





rendimiento del bulbo ya que las hojas compiten por los fotoasimilados (Paez *et al.*, 2000; Criollo y García, 2009). En este trabajo, el rendimiento, evaluado como biomasa seca o fresca, fue mayor cuando el cultivo se realizó con la densidad de siembra 70 plantas/m².

Cuadro 3. Biomasa fresca, biomasa seca, longitud de raíz y volumen de bulbo en plantas de rábano 'Champion' cultivado con tres sustratos inorgánicos y dos densidades de siembra (D).

Factores	Biomasa fresca (g)			Biomasa seca (g)			Longitud de raíz (cm)	Volumen de bulbo (cm ³)
	Raíz	Bulbo	Hoja	Raíz	Bulbo	Hoja		
Sustrato								
Tezontle	0.28a	8.55a	13.14a	0.03a	0.44a	1.01a	3.91b	9.05a
Agrolita	0.22a	11.46a	12.65a	0.02b	0.61a	0.95a	4.30ab	11.83a
Vermiculita	0.35a	10.41a	13.61a	0.02b	0.53a	1.01a	5.00a	10.63a
DHS	0.14	5.94	3.85	0.009	0.3	0.28	0.91	5.99
CV (%)	64.44	72.71	36.39	36.69	70.56	35.53	25.68	70.79
D(Plantas/m ²)								
70	0.34a	13.38a	14.90a	0.03a	0.68a	1.11a	4.90a	13.74a
140	0.22b	6.90b	11.36b	0.02b	0.37b	0.86b	3.90b	7.27b
DHS	0.10	4.03	2.61	0.06	0.20	0.19	0.61	4.07
CV (%)	64.44	72.71	36.39	36.69	70.56	35.53	25.68	70.79
SxD	*	*	NS	*	*	NS	*	*

²Letras diferentes en cada columna, por factor, indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Cada dato es el promedio de 10 repeticiones. DHS, diferencia honesta significativa; CV, coeficiente de variación (%). SxD, interacción sustrato-densidad de siembra; *, interacción significativa; NS, interacción no significativa.

Conclusiones

1. El rendimiento de rábano 'Champion', evaluado como biomasa fresca o seca, es similar si es cultivado en tezontle, agrolita o vermiculita. 2. Las raíces de rábano 'Champion' tienen mayor longitud y son más delgadas cuando se cultivan en agrolita o vermiculita, mientras que en tezontle son cortas y más gruesas. 3. El fertirriego con solución nutritiva Steiner preparada a una conductividad eléctrica de 1.7 dS/m y la densidad de siembra de 70 plantas/m², favorecen el crecimiento y rendimiento de rábano 'Champion'. 4. Las propiedades físicas de los sustratos no tienen efecto en estas variables, por lo que puede utilizarse el que esté disponible, ya sea tezontle, agrolita o vermiculita.





Literatura citada

- Cepeda-Guzmán, A., L. A. Valdez-Aguilar, A. M. Castillo-González, N. A. Ruiz-Torres, V. Robledo-Torres y R. Mendoza-Villareal. 2014. Respuestas de lechuga a la conductividad eléctrica con riego superficial y subirrigación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(7):1233-1245.
- Criollo, H. y J. García. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 3(2):210-222.
- Juárez, S. H. 2014. Cultivo hidropónico en mangas verticales de dos variedades de acelga y lechuga. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Ciudad de México, México. 70 p.
- Kumar, S., S. Kumar, S. Maji and V. Kumar P. 2016. Effect of inorganic fertilizers and bio-fertilizers on growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). *International Journal of Plant Sciences* 11(1):71-74.
- López-González, J. L., D. M. A. Damián-Huato, F. Álvarez-Gaxiola, F. Parra-Inzunza y G. P. Zuluaga-Sánchez. 2012. La economía de traspacio como estrategia de supervivencia en San Nicolás de los Ranchos, Puebla, México. *Revista de Geografía Agrícola* 48:49-62.
- Martínez, P. y D. Roca. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo.
<file:///C:/Users/moashi3/Downloads/02PFlorianMartinezyDolorsRocaSustratosnov411.pdf> [consultado el 22 de junio de 2018].
- Matthew, A. and M. Raymond. 2012. Comparative study of lettuce and radish grown under red and blue light-emitting diodes (LEDs) and white fluorescent lamps. Center-Based Research Experience (CBRE).
https://pdfs.semanticscholar.org/1b64/6055f5785e2064090697fd94ee09ec6e7525.pdf?_ga=2.216516182.1960902463.1534650302-497320108.1534650302 [consultado el 18 de agosto de 2018].
- Páez, A., V. Paz y J. C. López. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. 'Río Grande'. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 17:173-184.





- Peña, B. F. J. 2015. Efecto de la densidad de siembra y del aporque en la producción y calidad de la cebolla puerro (*Allium ampeloprasum* L. var. Porrum J. Gay). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 18(1):101-108.
- Salerno A., F. Pierandrei, E. Rea, G. Colla, Y. Roupael and F. Saccardo. 2005. Floating system cultivation of radish (*Raphanus sativus* L.): production and quality. Acta Hort. 697:87-92.
- Samarakoon, U. C., P. A. Weerasinghe and W. A. P. Weerakkody. 2006. Effect of electrical conductivity (EC) of the nutrient solution on nutrient uptake, growth and yield of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) in stationary culture. Tropical Agricultural Research 18(1):13-21.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solution of certain desired composition. Plant and Soil 15:134-154.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. Plant physiology. 5th ed. Sinauer Associates. Sunderland, USA. 782 p.
- Trejo-Téllez, L. I. and F. C. Gómez-Merino. 2012. Nutrient solutions for hydroponic systems. http://cdn.intechopen.com/pdfs/33765/...solutions_for_hydroponic_systems.pdf. [consultado el 18 de agosto de 2018].
- Vargas-Tapia, P., J. Z. Castellanos-Ramos, J. J. Muñoz-Ramos, P. Sánchez-García, L. Tijerina-Chávez, R. M. López-Romero *et al.* 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. Agricultura Técnica en México 34(3):323-331.
- Villegas-Torres, O. G., M. L. Domínguez-Patiño, M. Albavera-Pérez, M. Andrade-Rodríguez, H. Sotelo-Nava, M. G. Martínez-Rangel *et al.* 2017. Sustratos como material de última generación. [monografía en internet]. <file:///C:/Users/moashi3/Downloads/364-1201-2-PB.pdf>. [consultado el 22 de junio de 2018].





EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ÓRGANO-MINERAL EN CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus* L.), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Alfredo Lino Brito^{4*}, Maribel Apolinar Aguilar⁵, Raúl Murrieta Altamirano⁴, Alejandro Sánchez
Cano⁴ y Ana Karen García Prado⁴

Resumen

Con el objetivo de evaluar la fertilización químico mineral combinada con fertilización orgánica al suelo y foliar, en el cultivo de rábano, se condujo un experimento en terrenos del Instituto Superior de Tlatlauquitepec, Puebla, durante el periodo de agosto-diciembre de 2017. El trabajo consistió en dos etapas experimentales; en la primera de estas se evaluó el empleo de dos portadores de materia orgánica (humus de lombriz y composta), ambos obtenidos a partir de estiércol vacuno de la misma procedencia y su interacción con tres niveles de fertilización mineral (100, 75 y 50% de la fórmula 80-30-90 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente). En la segunda etapa, a los tratamientos más efectivos de la primera fase se les aplicó vía foliar un biol obtenido por el método artesanal, a una dosis de 1%. Las variables respuestas fueron: diámetro polar y ecuatorial (cm), peso promedio de la raíz carnosa (g), de rábano y rendimiento del cultivo (kg/m²); los tratamientos se replicaron cuatro veces, cada réplica de 3.33 m², siendo en todos los casos el diseño de bloques al azar con diseño de tratamientos en parcelas divididas. Toda la información obtenida se evaluó mediante un análisis de varianza, según diseño y estimación de diferencia mínima significativa (DSMn). Los resultados obtenidos demuestran que el humus de lombriz fue mejor portador de materia orgánica que la composta; además se observó un efecto positivo cuando se utilizó el biol artesanal, en comparación a cuando éste no fue empleado. Se obtuvo una mejora nutrimental del cultivo de rábano, cuando fue aplicado conjuntamente humus de lombriz más biol, tratamiento con el cual se logró una reducción del 25% de la fertilización química mineral del cultivo.

⁴ Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, *alfrelino_09@hotmail.com

⁵ Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala





Palabras clave: biol, humus de lombriz, composta

Introducción

El rábano (*Raphanus sativus* L.) es un cultivo cuyo producto comestible es su raíz engrosada, la cual es de color rojizo, rosa, blanco o combinado. En México se consume de manera fresca en ensaladas y en encurtidos, acompañando alimentos como los tacos, pozoles y ensaladas, entre otras comidas típicas del país, de ahí su gran importancia. Su ciclo de producción es muy corto, ya que generalmente alcanza su tamaño a cosecha aproximadamente entre los 20 y 35 días después de haber sido sembrado (Laguna y Cisne, 2001).

La fertilización es una actividad fundamental en la obtención de altos rendimientos en los cultivos, siendo este aspecto trascendental para las hortalizas (como el rábano), por su rápido desarrollo y gran densidad de plantas por superficie.

Son muchos los abonos orgánicos utilizados en la fertilización de los cultivos: composta, gallinaza, lombricomposta y bocashi, entre otros. Éstos aportan diversos beneficios como: mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas para su óptimo crecimiento y desarrollo (López *et al.*, 2001).

Sin embargo, los estudios donde se combinan la fertilización químico mineral, con el abonado orgánico no son frecuentes. Por esta razón, la presente investigación tuvo como objetivo, combinar la fertilización químico mineral con fertilización orgánica al suelo y foliar, para hacer más eficiente y productiva la nutrición en el cultivo de rábano, mediante la aplicación de prácticas de carácter agroecológico.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en el invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, ubicado en el municipio de igual nombre, perteneciente a la Sierra Norte del





estado de Puebla, México. El municipio se ubica entre los paralelos 19°38' y 20°03' de latitud norte, los meridianos 97°23' y 97°37' de longitud oeste a altitudes entre 300 y 2,900 m. (INEGI, 2009).

El trabajo consistió en dos etapas experimentales, las cuales se realizaron durante el periodo de agosto a diciembre de 2017. En la primera etapa se evaluó el empleo de dos portadores de materia orgánica (humus de lombriz y composta), ambos obtenidos a partir de estiércol vacuno de la misma procedencia y su interacción con tres niveles de fertilización mineral.

La aplicación de los abonos orgánicos se realizó en el momento de preparar las camas a una dosis de 3 kg/m, lo que constituyó las parcelas principales (2), mientras que las sub-parcelas, fueron tres niveles de fertilización mineral: 100, 75 y 50% de la fórmula 80-30-90 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente (AgroEs.es, 2017). Lo anterior determinó el siguiente esquema de tratamientos:

Esquema de tratamiento etapa número 1

1. 100% de fertilización mineral + humus de lombriz
2. 75% de fertilización mineral + humus de lombriz
3. 50% de fertilización mineral + humus de lombriz
4. 100% de fertilización mineral + composta
5. 75% de fertilización mineral + composta
6. 50% de fertilización mineral + composta

Una vez identificados los mejores tratamientos de la etapa 1, se aplicó vía foliar un biol obtenido a partir de un bio-digestor rústico, donde se emplearon los siguientes materiales: azúcar (3 kg), leche de vaca (1 L), levadura (50 g), estiércol de vaca fresco (7 kg), follaje de leguminosa (3 kg), tambo de 20 L y una botella de pet de 2 L. El biol se obtuvo mediante un proceso de fermentación anaeróbica (Gómez, 2011) con duración de 62 días.

La aplicación foliar del biol se realizó con una aspersora manual en una sola ocasión, a los 15 días de la siembra del cultivo; se aplicó en agua limpia a una concentración del 1%. Las parcelas principales fueron con y sin biol, quedando el esquema de tratamiento de la segunda etapa de la siguiente forma:





Esquema de tratamiento etapa número 2

7. 100% de fertilización mineral + humus de lombriz con biol
8. 75% de fertilización mineral + humus de lombriz con biol
9. 100% de fertilización mineral + humus de lombriz sin biol
10. 75% de fertilización mineral + humus de lombriz sin biol

El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas y cuatro repeticiones. La superficie de las unidades experimentales fue de 3.33 m². En todos los casos se evaluaron las siguientes variables: diámetro polar y ecuatorial de la raíz carnosa (cm), peso promedio de la raíz carnosa (g) y rendimiento del cultivo (kg/m²). La información se procesó para calcular el valor promedio y desviación estándar y se realizó un análisis de varianza; para la separación de promedio se utilizó la prueba de la Diferencia Significativa Mínima (Little y Hills, 2008).

Resultados y discusión

Etapa 1

En el Cuadro 1, se puede observar que no hay diferencias significativas para las variables diámetro ecuatorial y polar. El diámetro, como indicador morfológico del material vegetal utilizado no resultó influenciado por las prácticas de manejo nutrimental empleadas; esta respuesta supone estabilidad del genotipo estudiado. Del mismo modo, es indicadora de que el manejo nutrimental empleado garantiza un adecuado balance o disponibilidad de nutrientes en el suelo y con ello, la expresión plena de las características del material sembrado.

Otros autores encontraron resultados similares en híbridos de tomate y pepino de alto potencial productivo bajo condiciones de producción intensiva en invernadero, al combinar alternativas bio-órgano-mineral (aplicación de materia orgánica, microorganismos biofertilizadores y foliar de origen natural) (Gálvez *et al.*, 2004; Lino, 2005).

El Cuadro 2 muestra respuesta altamente significativa para las variables de peso de raíz y rendimiento de rábano.





Cuadro 1. Diámetro ecuatorial y polar (promedio y desviación estándar) de la raíz de rábano. En respuesta a la fertilización mineral y orgánica.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)
100 % de FM + HL	3.37±0.240	4.41±0.125
75 % de FM + HL	3.55±0.160	4.39±0.110
50 % de FM + HL	3.40±0.220	4.38±0.171
100 % de FM + C	3.47±0.340	4.39±0.210
75 % de FM + C	3.35±0.190	4.37±0.123
50 % de FM + C	3.30±0.221	4.33±0.110
DSM _n	0.264 ^{ns*}	0.101 ^{ns*}

ns (no significativa), ($P \leq 0.05$)* y DSM_n (Diferencia significativa mínima).

Cuadro 2. Interacción abono orgánico (humus de lombriz y composta) por niveles de fertilización mineral (100, 75 y 50 %), para las variables peso promedio de la raíz carnosa y rendimiento de rábano.

Tratamientos	Peso promedio de raíz carnosa (g)	Rendimiento (kg/m ²)
100 % de FM + HL	14.85 ^a	2.18 ^a
75 % de FM + HL	14.63 ^a	2.09 ^a
50 % de FM + HL	9.68 ^b	1.36 ^b
100 % de FM + C	9.41 ^c	1.18 ^{bc}
75 % de FM + C	8.25 ^d	1.01 ^c
50 % de FM + C	7.06 ^e	0.84 ^{cd}
DSM _n	0.221 ^{**}	0.194 ^{**}

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, ** ($P \leq 0.01$); y DSM_n (Diferencia significativa mínima).

Los resultados del Cuadro 2, muestran que las mejores variantes fueron las que combinan la fertilización mineral (FM) con el humus de lombriz (HL); cabe indicar que el humus puede mejorar la fertilización mineral al reducir la misma en un 25%, debido al efecto positivo del HL en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Nótese que el tratamiento 100% de fertilización mineral + humus de lombriz sólo logró incrementar los efectos sobre el peso promedio de raíz carnosa y rendimiento de rábano en 1.485 y 4.63 %, respectivamente, al compararse con la variante 75% de fertilización mineral + humus de lombriz.

El efecto beneficioso del humus de lombriz en la nutrición de los cultivos, ha sido demostrado, al combinar diferentes niveles de humus de lombriz y fertilizante químico en el cultivo de berenjena, donde las mejores respuestas se obtuvieron cuando se utilizó humus de lombriz al 100 y 75%, combinándolo con 0 y 25% de fertilización química mineral





respectivamente, en comparación con la fertilización química mineral al 100%, corroborando que el humus de lombriz tiene efecto inmediato sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Montaño *et al.*, 2009).

De igual modo, los resultados obtenidos se deben a las características que le confiere la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), al humus que se obtiene de sus excreciones, como son: su riqueza microbiana (más de 15 billones de UFC por gramo de humus de lombriz), alto contenido de materia orgánica, asimilación inmediata por el cultivo, producción de fitohormonas (1 mg de humus es equivalente a 0.01mg de A.I.A), mejor relación de ácidos húmicos y fúlvicos 2:1, mayor CIC (Romero-Romano *et al.*, 2012; Lombricomposta México, 2017; Lombricultura Pachamama, 2017).

Etapa 2

En el Cuadro 3 se evidencia el efecto positivo del biol, aplicado foliarmente, sobre las variables en estudio, lo cual es indicativo de los beneficios que generó este producto en el cultivo de rábano.

Además, se demuestra que la mayor cantidad de fertilizante aplicado no genera siempre un incremento en la producción de los cultivos, al observar que la mejor respuesta se obtuvo cuando se redujo la fertilización químico mineral en un 25% y se le aplicó el biol, no sucediendo así para la fertilización química mineral al 100%, que estadísticamente es igual a cuando no se aplica el foliar, aunque sí hubo un efecto biológico en el aumento de las variables estudiadas.

Cuadro 3. Interacción de biol (con y sin aplicación) por niveles de fertilización mineral (100 y 75%), para las variables peso promedio de la raíz carnosa (g) y rendimiento de rábano (kg/m²).

Tratamientos	Peso promedio de raíz carnosa (g)	Rendimiento (kg/m ²)
75% de fertilización mineral + humus de lombriz + biol (1%)	16.64 ^a	2.40 ^a
100% de fertilización mineral + humus de lombriz + biol (1%)	15.92 ^a	2.23 ^b
100% de fertilización mineral + humus de lombriz	15.48 ^{ab}	2.20 ^{bc}
75% de fertilización mineral + humus de lombriz	13.72 ^b	1.98 ^c
DSM _n	2.827 ^{**}	0.0493 ^{**}

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, ^{**}(P≤0.01); y DSM_n (Diferencia significativa mínima).





El uso del biol en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para actividades agronómicas como: enraizamiento, acción sobre el follaje, mejoramiento de la floración y activación del vigor y poder germinativo de las semillas, ayudando al aumento de las cosechas, permitiendo equilibrar el contenido de nutrientes existente en el suelo, siendo las plantas sanas y resistentes y sus productos abundantes (Suquilanda *et al.*, 2006; Freire, 2013).

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, y por supuesto afectaciones en el crecimiento y producción de los cultivos (Arozarena *et al.*, 1985; Alfonso y Monedero, 2004; Lino *et al.*, 2018).

Por su parte, el Cuadro 4 muestra que, para la morfología de la raíz de rábano, el empleo del biol en combinación con la propuesta nutrimental a base de humus de lombriz, en combinación con la fertilización químico mineral, en cualquiera de las dosis empleadas, no modifica el diámetro ecuatorial y polar de la raíz carnosa del rábano, lo que confirma lo discutido en el Cuadro 1.

Cuadro 4. Diámetro ecuatorial y polar de la raíz carnosa de rábano, con y sin aplicación de biol e interacción con la fertilización mineral (100 y 75%) y el empleo de humus como portador de materia orgánica.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)
100% de fertilización mineral + humus de lombriz	3.39±0.257	4.37±0.137
75% de fertilización mineral + humus de lombriz	3.45±0.168	4.35±0.139
100% de fertilización mineral + humus de lombriz + biol (1%)	3.55±0.373	4.42±0.267
75% de fertilización mineral + humus de lombriz + biol (1%)	3.68±0.199	4.37±0.123
DSM _n	0.244 ^{ns*}	0.115 ^{ns*}

La información discutida hasta aquí, evidencia que la fertilización mineral puede ser complementada eficazmente con alternativas orgánicas, resaltando las ventajas que tienen esta nutrición frente a la tradicional nutrición químico mineral.





Conclusiones

1. Los mejores resultados en cuanto a portador de materia orgánica, fue cuando se aplicó humus de lombriz en comparación a la materia orgánica en forma de composta. 2. Hubo respuesta a la aplicación del foliar orgánico (biol), ya que los resultados fueron superiores a cuando no se aplicó el mismo. 3. La aplicación conjunta de humus de lombriz y biol, permitió reducir la fertilización química mineral en 25%. 4. La mayor eficiencia de la nutrición del cultivo de rábano, no está en la mayor aplicación de nutrientes químicos.

Literatura citada

- AgroEs.es. 2017. Abonado de rábano, extracciones y dosis de nutrientes para fertilización con nitrógeno, fósforo y potasa. <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/rabano/517-rabanos-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo> [consultado el 28 de marzo de 2017].
- Alfonso, L. C. A. y M. Monedero G. 2004. Uso, manejo y conservación de los suelos. ACTAF-IS. La Habana, Cuba. 71 p.
- Arozarena, N., O. Muñiz, F. Coto 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. *Cienc. Téc. Agric. (Serie Suelos y Agroquímica)* 8(2):7-14.
- Freire, R. E. C. 2013. Implementación de un biodigestor para la obtención de un biol mediante procesos anaeróbicos. Tesis de licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil, Ecuador. 46 p.
- Gálvez, J. M., N. J. Arozarena, A. Lino, D. Álvarez, Y. Ríos, G. Croche *et al.* 2004. Comparación de híbridos comerciales de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y de pepino (*Cucumis sativus* L.), a partir de diferentes fechas de siembra en condiciones de cultivo protegido. *In: Convención Trópico. II Congreso de Agricultura Tropical.* La Habana, Cuba. [memorias en CD-ROM].





- Gómez, P. L. 2011. Evaluación del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica e inorgánica. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Saltillo, Coah., México. 54 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. La Magdalena Tlatlauquitepec, Puebla. Clave geoestadística 21095. 9 p.
- Laguna, M. R. J. y J. Cisne C. 2001. Efecto de biofertilizante (EM-Bokashi) sobre el crecimiento y rendimiento de rábano (*Raphanus sativus*). La Calera 1(1):26-29.
- Lino, A. 2005. Cultivo protegido: una alternativa para la nutrición de tomate y pepino en suelos ferralíticos rojos. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 81 p.
- 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:* Memoria del VI Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Texcoco, Edo. de Méx., México.
- Little, T. M. y F. J. Hills. 2008. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México, D. F. 270 p.
- Lombricomposta México. 2017. Comparativo entre humus de lombriz, estiércol y fertilizantes químicos. <http://www.lombricompostamexico.com> [consultado el 12 de enero de 2018].
- Lombricultura Pachamama. 2017. Humus de lombriz y su aplicación. Departamento Técnico de Lombricultura Pachamama S. A. Viña del Mar, Chile. <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/humus/HUMUS%20DE%20LOMBRIZ%20Y%20SU%20APLICACION> [consultado el 12 de enero de 2018].
- López, M. J. D., A. Díaz E., E. Martínez R. y R. D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra Latinoam.19(4):293-299.





- Montaño, M. N. J., J. A. Simosa M. y A. J. Perdomo G. 2009. Respuesta de tres cultivares de berenjena (*Solanum melogena* L.) a diferentes combinaciones de fertilizante orgánico y fertilizante químico. Rev. Cient. UDO Agríc. 9(4):807-815.
- Romero-Romano, C. O., J. Ocampo-Mendoza, E. Sandoval-Castro y J. R. Tobar-Reyes. 2012. Fertilización orgánica-mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai 8(3):41-49.
- Suquilanda, V. M. B. 2006. Agricultura orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Ediciones UPS. Quito, Ecuador. 654 p.





EFECTO DE MICROALGAS EN LA EMERGENCIA DE SEMILLAS DE CULTIVOS DE IMPORTANCIA AGRONÓMICA

Maribel Apolinar Aguilar⁶, Alfredo Lino Brito⁷, María Griselda Dionisio Serafín, Aurelio García García⁷,
Camelia Rosas Máximo⁷ y Diana Agustín Luna⁷

Resumen

Se condujo un experimento en el Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec con el objetivo de evaluar dos cepas de microalgas (*Chlorella vulgaris* y *Nannochloropsis oculata*) en parámetros de la emergencia de tres especies vegetales diferentes. Se emplearon extractos acuosos de las cepas de microalgas en dosis de 20 mL/L, al momento de la plantación y siembras para papa variedad Ágata y haba variedad Criolla de la localidad respectivamente, mientras que, para café, variedad Costa Rica, las semillas se remojaron en agua durante 48 h. Para determinar el efecto de los tratamientos en la emergencia de las semillas botánicas (haba y café) y la brotación de los tubérculos de papa, se midió el porcentaje de emergencia y brotación, considerando las semillas emergidas a la superficie del suelo sobre el total de la muestra, además se calculó para cada réplica (4) y tratamiento el índice de velocidad de germinación (IVG). La información obtenida se procesó según diseño de bloques al azar para análisis de varianza y separación de medias mediante diferencia mínima significativa (DSMn). Los resultados obtenidos demuestran que las cepas de las microalgas *C. vulgaris* y *N. oculata* estimulan la emergencia y brotación de las tres especies de cultivo, presentado los mejores resultados *C. vulgaris*. También se pudo comprobar que ambas cepas de microalgas potencian el poder de emergencia, cuando es bajo, como sucedió en las simientes de café, en el cual, el testigo sin aplicación tuvo un 51.66% de nacencia, mientras que *C. vulgaris* y *N. oculata* tuvieron valores de 88.33 y 83.33%, respectivamente.

Palabras claves: *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oculata*, papa, haba, café

⁶ Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. *maribel_0391@hotmail.com

⁷ Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec





Introducción

En la agricultura, la calidad de semilla es un componente básico para obtener una mayor eficiencia productiva (Andrade, 1992). 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 se pueden clasificar en categorías, donde se menciona la descripción, higiene y potencial de funcionamiento; en este último, se toma en cuenta el vigor y la germinación (Hampton, 2002).

La International Seed Testing Association define el concepto de vigor, como la capacidad de la semilla para producir, en forma rápida y uniforme, plántulas normales en condiciones específicas; donde la capacidad depende del estado bioquímico, amplitud de reservas nutritivas y constitución genética de las semillas (Besnier, 1989).

Es posible notar que dentro de los factores que están involucrados en el origen y causas del vigor de la semilla se pueden considerar dos grupos: a) origen genético o endógeno a la planta o semilla, y b) origen ambiental o exógeno, que inciden desde el lote de producción hasta después de la cosecha (Villaseñor, 1984).

En no pocas ocasiones el mal manejo de las semillas (proceso de postcosecha, almacenamiento inadecuado, etc.) reduce el porcentaje de germinación y vigor de las simientes. Por lo que contar con productos de origen natural que estimulen y regeneren los procesos de emergencia de las semillas, sean botánicas o agrícolas, es una necesidad de la agricultura actual.

Dentro de estos productos se encuentran los extractos de microalgas, los cuales son materiales bioactivos solubles en agua, que promueven la germinación y el desarrollo de los cultivos (Norrie y Keathley, 2005; Hernández-Herrera *et al.*, 2014).

Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar dos cepas de microalgas en diferentes parámetros de la emergencia de tres especies vegetales de importancia agronómica para la localidad de Tlatlauquitepec, Puebla.





Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec (ITSTL), ubicado entre los paralelos 19° 38' y 20° 03' de latitud norte, los meridianos 97° 23' y 97° 37' de longitud oeste, a una altitud de 1,800 m y con un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2009).

Se emplearon extractos acuosos de dos cepas de microalgas: *Chlorella vulgaris* y *Nannochloropsis oculata*, obtenidas de la Academia de Acuicultura del ITSTL, en dosis de 20 mL/L, al momento de la plantación y siembra para papa (*Solanum tuberosum* L. var. Ágata) y haba (*Vicia faba* L. var. Criolla de la localidad), mientras que para café (*Coffea arabica* L. var. Costa Rica), las semillas se remojaron en agua durante 48 h.

Para los cultivos de papa y haba se emplearon bolsas plásticas de color negro de 5 kg de capacidad, las cuales se llenaron con suelo Andosol de dicha localidad (Cruz *et al.*, 2007), y se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y 20 bolsas por réplica; Por su parte, para el café, las bolsas fueron de 1 kg de capacidad, utilizando un sustrato compuesto en volumen por 40% de suelo, más 40% de estiércoles y 20% de arena de río; su distribución también fue de acuerdo al diseño de bloques al azar.

Para determinar el efecto de los tratamientos en la emergencia de las semillas botánicas (haba y café) y la brotación de los tubérculos de papa, se midió el porcentaje de emergencia y brotación (considerando las semillas emergidas a la superficie del suelo sobre el total de la muestra); además se calculó para cada tratamiento y réplica el índice de velocidad de germinación (IVG) (Maguire, 1962), al cual se le realizó un análisis de varianza y la separación de medias se efectuó mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DSMn) (Little y Hills, 2008), evaluándose los días hasta germinación y brotación, tomándose como tiempo límite, cuando se alcanzó el 100%, en los casos de papa y haba, mientras que el café, se evaluó hasta los 105 días después de sembrado (dds); los tratamientos, las variables porcentaje de germinación y dds fueron medidas para cada tratamiento, no por réplica, por lo que no se evaluaron mediante un procedimiento experimental.

Los tratamientos estudiados se muestran en el Cuadro 1.





Cuadro 1. Esquema de tratamientos.

No.	Tratamientos
1	Testigo sin aplicación (agua)
2	Microalga (<i>Chlorella vulgaris</i>)
3	Microalga (<i>Nannochloropsis oculata</i>)

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se observa que las dos cepas de microalgas presentaron efecto positivo en los días a brotación, así como velocidad de brotación de los tubérculos, para los tratamientos con base en la microalga, destacar que los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de *C. vulgaris*; todos los tubérculos semillas obtuvieron el 100% de germinación, independiente del tratamiento empleado, lo que expresa la buena calidad de las semillas utilizadas.

Cuadro 2. Porcentaje de brotación (B), días después de sembrado (dds) e Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de los tubérculos de papa.

Tratamientos	B (%)	dds	IVG
Testigo sin aplicación	100	19	0.658 ^b
<i>C. vulgaris</i>	100	18	0.755 ^a
<i>N. oculata</i>	100	18	0.706 ^{ab}

DSM_{0.01} = 0.0859 unidades

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, ^{**}(P≤0.01); y DSMn (Diferencia significativa mínima).

En el Cuadro 3 se muestra el efecto de los mismos tratamientos en semillas de café a los 105 días de sembradas las mismas, para todas las variables evaluadas, las semillas que fueron tratadas con los extractos de microalgas presentaron los mejores valores, sobresaliendo el tratamiento que se inoculó con *C. vulgaris*. *C. vulgaris* y *N. oculata* no sólo proporcionaron mayores Índices de Velocidad de Germinación, sino que, además, regeneraron el proceso de germinación, ya que superaron al testigo en 36.67 y 31.67% de emergencia, respectivamente.





Cuadro 3. Porcentaje de emergencia (E), días después de sembrado (dds) e Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de las semillas de café.

Tratamientos	E (%)	dds	IVG
Testigo sin aplicación	51.66	105	0.319 ^c
<i>C. vulgaris</i>	88.33	105	0.651 ^a
<i>N. oculata</i>	83.33	105	0.579 ^b
DSM _{0.01} = 0.0567			

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, ******($P \leq 0.01$); y DSMn (Diferencia significativa mínima).

En el Cuadro 4 se presenta la información del proceso de emergencia de las semillas de haba. En esta especie se repite la tendencia de que los tratamientos con base en los extractos de microalgas, presentaron los mayores valores para las variables evaluadas, sobresaliendo *C. vulgaris*.

Cuadro 4. Porcentaje de emergencia (E), días después de sembrado (dds) e Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de las semillas de haba.

Tratamientos	E (%)	dds	IVG
Testigo sin aplicación	100	16	0.763 ^b
<i>C. vulgaris</i>	100	14	0.810 ^a
<i>N. oculata</i>	100	15	0.798 ^{ab}
DSM _{0.05} = 0.04425			

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, *****($P \leq 0.05$); y DSMn (Diferencia significativa mínima).

Los efectos positivos que presentan las microalgas en los días a emergencia y velocidad de brotación y germinación de los tubérculos de papa y las semillas de haba, así como el aumento en el porcentaje de germinación y IVG, de las semillas de café, se debe a la composición química de estos organismos, conformada por una amplia variedad de sustancias promotoras del crecimiento, como auxinas, citoquininas, giberelinas y sustancias orgánicas, como aminoácidos y proteínas, entre otras, que promueven la emergencia y desarrollo de los cultivos (Norrie-Jeff y Keathley, 2005; García-Reina y Martel, 2017).

Por su parte la microalga *C. vulgaris* presentó los mejores resultados en las tres especies de cultivos estudiadas, lo que se considera que se debe al origen de las microalgas, ya que *C. vulgaris* es una microalga de origen terrestre, considerándose una de las primeras formas de vida con un núcleo definido dentro de su membrana celular que surgió en la superficie





terrestre, siendo el organismo que contiene mayor contenido de clorofila en la tierra (Zelitch, 1971); por su parte *N. oculata*, es de procedencia marina, empleándose en su reproducción NaCl, a razón 15 gr/L de agua, para semejar la concentración de esta sal en agua salobre (Catalá, 2013).

Conclusiones

1. Las cepas de microalgas *C. vulgaris* y *N. oculata* estimulan la emergencia y brotación de las tres especies de cultivo. 2. La microalga *C. vulgaris*, presentó los mejores resultados para las variables de emergencia evaluadas, en los tres cultivos estudiados. 3. Las cepas de microalgas evaluadas potencializan el poder de emergencia, cuando es bajo en las semillas, como sucedió en las simientes de café.

Literatura citada

- Andrade, B. H. J. 1992. Mejoramiento del vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con emergencia y rendimiento. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 98 p.
- Besnier, R. F. 1989. Semillas, biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Cruz, C., C. Balbontin, F. Paz, J. Etchevers y P. Krasilnikov, 2007. Los suelos de México y su Geografía (i). <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/22/68351> [consultado el 21 de junio de 2017].
- Catalá, E. L. 2013. Contribución al estudio del crecimiento y las posibilidades del aprovechamiento termoquímico de las microalgas *Nannochloropsis gaditana* y *Nannochloropsis oculata*. Tesis de doctorado. Universidad de Alicante. Escuela Politécnica Superior. Alicante, España. 222 p.





- García, R. G. y A. Martel Q. 2017. Usos y aplicaciones de macroalgas, microalgas y cianobacterias en agricultura ecológica. <http://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Usos-y-aplicaciones-de-macroalgas-microalgas-y.cid221515> [consultado el 19 de junio de 2017].
- Hampton, J. G. 2002. What is seed quality? *Seed Sci. Technol.* 30:1-10.
- Hernández-Herrera, R. M., F. Santacruz-Ruvalcaba, M. A. Ruiz-López, J. Norrie and G. Hernández-Carmona. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *J. Appl. Phycol.* 26(1):619-628.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. La Magdalena Tlatlauquitepec, Puebla. Clave geoestadística 21095. 9 p.
- Little, T. M. y F. J. Hills. 2008. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México, D. F. 270 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination_aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2(2):176-177.
- Norrie, J. and J. P. Keathley. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. *Acta Hort.* 727(1):243-248.
- Villaseñor, M. H. E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo de Méx., México. 149 p.
- Zelitch, I. 1971. Photosynthesis, photorespiration and plant productivity. Academic Press. New York, USA. 348 p.





EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO Y ÁCIDO ACÉTICO PARA CONTROL ORGÁNICO DE ARVENSES

Carlos Gabriel Villa González⁸, Abiel Rodríguez Maza⁸, Julio Alfonso Armenta Barrios⁸ y Enrique A. Silva García⁸

Resumen

Los productores usan una gran cantidad de herbicidas sintéticos para el control de malezas que las eliminan o controlan temporalmente, pero eliminan también microorganismos nativos del ecosistema, provocando desequilibrios biológicos que disminuyen la calidad del suelo agrícola. El utilizar compuestos como ácido acético y nitrógeno ureico en suelos con un pH mayor a 5.7, disminuirá significativamente los niveles de contaminación y reducirá el índice de mortandad de fauna benéfica al remplazar el uso de herbicidas inorgánicos. El objetivo de este proyecto es evaluar las diferentes dosis de los compuestos antes mencionados en arvenses para su control orgánico. Para el estudio se tomaron en cuenta variables como: porcentaje de efectividad del producto, tiempo de emergencia de la maleza posterior a la aplicación, pH del suelo inicial respecto al final, tiempo de acción del producto. Se evaluaron 26 tratamientos y para las aplicaciones del producto se utilizó un diseño de bloques al azar, el cual constó de 104 bloques de 0.5m² y cuatro repeticiones por tratamiento, aplicando 50 mL de producto por cada bloque experimental. Se midió el pH del suelo posterior a la aplicación del producto elaborado. Los factores a evaluar fueron el efecto en el tiempo de emergencia, así como el tiempo de acción. Los mejores porcentajes de acción rápida en arvenses correspondieron a los tratamientos T1, T2 y T3, mientras que del tratamiento T4 al T8, el efecto fue más lento. A partir del tratamiento T9 al T20 no se observaron cambios significativos. Se realizaron blancos de cada compuesto para descartar la acción por separada en máximos y mínimos de cada compuesto. Se aplicó un tratamiento de control utilizando un producto comercial Dragoxone y una prueba testigo, no aplicando ningún producto. En control de arvenses se tuvieron resultados positivos con las aplicaciones de los

⁸ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Área Vegetal. P. E. Agrobiotecnología *abiel_d@utgz.edu.mx





tratamientos T1, T2, T3, teniendo variación en los tratamientos T4 al T8, que solamente tuvieron efecto en arvenses de hoja ancha.

Palabras clave: vinagre, malezas, microorganismos, índice de mortandad

Introducción

Los herbicidas son compuestos fitotóxicos, utilizados para destruir plantas indeseables (arvenses), inhibir o alterar su crecimiento e inferir y malograr la germinación de sus semillas (Gómez, 2011). La problemática que representan las arvenses en los cultivos agrícolas se considera uno de los factores más importantes que merman la producción en el agro del país. Los efectos ocasionados por ellas repercuten de manera directa sobre la economía del agricultor, causan disminución en sus rendimientos y mala calidad en sus cosechas.

En las décadas de los 80^s y 90^s los productores usaron gran cantidad de herbicidas sintéticos para el control de arvenses, que las eliminaban rápidamente, pero eliminaban también los microorganismos nativos del ecosistema provocando desequilibrios y dejando fuera terrenos del campo agrícola (EPA, 2001).

El ácido acético es el producto final de una fermentación acética realizada con cualquier líquido de una fruta. Es un compuesto químico encontrado en todos los organismos vivientes. Mucha gente está familiarizada con el ácido acético en forma de vinagre para su uso doméstico (EPA, 2001).

Debido al giro que ha tomado la agricultura el rol protagónico que toma el vinagre, se debe a su poder de control, así como por su poca o nula influencia en los microorganismos que se encuentran en el lugar de aplicación.

El ácido acético fue registrado como ingrediente activo en 1997; hasta marzo de 2001 había dos productos comerciales registrados para la venta por las casas comerciales: ECOVAL Technologies y San Gabriel Labs, cuyos niveles de acidez fluctúan entre 5 y 20%, que son los permitidos en la agricultura orgánica (EPA, 2001). En el ambiente es rápidamente degradado; en el suelo tarda entre 15 a 20 días y en sistemas acuíferos de cinco a 10 días, dependiendo de su acidez. Los productos con base en ácido acético como ingrediente activo





son clasificados como Tier I al cumplir con todos los requerimientos para la seguridad del ambiente (EPA, 2001).

En estudios realizados en un suelo de tipo franco arcilloso en Honduras, Canturo (2000), evaluó la aplicación de ácido acético para el control de arvenses de hoja ancha y gramíneas con crecimiento promedio de 15 cm de altura, encontrando una efectividad de 75.6% en el control de arvenses de hoja ancha.

Según la FAO (2001), la mayoría de las ureas sustituidas tienen muchas características en común con las triazinas, pero su persistencia en el suelo a dosis selectivas en los cultivos, tiende a ser menor (tres a seis meses), por su parte, a dosis altas no son selectivas y pueden usarse para el control de la vegetación en general, donde la persistencia puede ser de hasta dos años.

Al utilizar ambos compuestos se obtendrá un alto porcentaje de acidez, y de esta manera se podrá inhibir el crecimiento de las arvenses. El utilizar estas fuentes para el control de lo antes mencionado ayuda a cuidar el suelo, así como los mantos acuíferos y reducir la contaminación ambiental. Cabe mencionar que es económica su elaboración y requiere la misma dosis que los productos inorgánicos, considerando el valor agregado que se obtendrá de los productos cosechados para la venta.

El objetivo del proyecto es evaluar las diferentes dosis de los compuestos antes mencionados en arvenses para su control orgánico.

Materiales y métodos

Se establecieron dos parcelas experimentales en el área de producción denominada "Cocotero", perteneciente a la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, en el municipio de Gutiérrez Zamora, Ver.

El experimento se realizó en periodo de primavera en los meses de abril-mayo del presente año en condiciones de humedad media. El tamaño del pasto era de aproximadamente 40 cm de altura. El sitio del experimento presenta un clima cálido, con temperatura media de 31°C y precipitación pluvial anual de 1,436 mm. La textura del suelo donde se realizó el experimento





es de tipo arcillo arenoso, con porcentajes de arena 45%, limo 3% y arcilla 52%, y con un pH de 7. El experimento abarcó un tiempo aproximado de 1.5 meses.

Los materiales que se utilizaron para realizar el experimento fueron: desmalezadora, azadón, rafia, machete, martillo, vasos desechables, triplay de 20 cm en cada uno de sus lados, estacas de madera, probeta de 100 mL de la marca Pirex, pulverizador de 1 L de la marca Fino, balanza granataria, tiras de pH de la marca Universal Indicator pH, urea comercial y ácido acético (vinagre) de la marca La Costeña.

Para la aplicación del producto se realizaron aplicaciones manuales mediante un pulverizador.

Dentro del proceso de preparación se realizaron 20 tratamientos experimentales (T1-T20) con cuatro repeticiones por tratamiento. Se utilizaron cuatro blancos a diferentes concentraciones (máximos y mínimos), por cada compuesto (urea y ácido acético) desde la dosis más alta hasta la mínima. Se estableció un control utilizando el producto comercial Dragoxone y un testigo sin aplicación alguna de productos. A continuación, se describe el orden de los tratamientos para 200 L de agua (Cuadro 1)

Cuadro 1. Tratamientos, blancos y control utilizados para la realización del experimento.

Tratamientos	N (g)	Vinagre (L)
T1	1000	3
T2	1000	2.5
T3	1000	2
T4	1000	1.5
T5	1000	1
T6	750	3
T7	750	2.5
T8	750	2
T9	750	1.5
T10	750	1
T11	500	3
T12	500	2.5
T13	500	2
T14	500	1.5
T15	500	1
T16	250	3





Continúa Cuadro 1...

Tratamientos	N (g)	Vinagre (L)
T17	250	2.5
T18	250	2
T19	250	1.5
T20	250	1
BVMín	0	1
BNMín	250	0
BVMáx	0	3
BNMáx	1000	0
Control (Dragoxone)	25 mL de producto por cada 20 L de agua	

Para la preparación de cada tratamiento se dispensó primeramente la urea a cada uno de los vasos desechables, seguidamente se dispensó el ácido acético a lo antes mencionado. Se homogenizó y se procedió a medir el volumen de cada tratamiento. Se aforó a 50 mL por cada tratamiento.

Las aplicaciones se realizaron a las 8:00 am en condiciones de humedad media. El diseño experimental que se utilizó fue un diseño de bloques completos al azar. Para el análisis estadístico empleado se utilizó el software Excel mediante un análisis de varianza.

Resultados y discusión

El análisis estadístico realizado mostró diferencias poco significativas, siendo T1 el tratamiento que obtuvo mayor porcentaje de efectividad en el control de la maleza. Los tratamientos con mejores resultados se enlistan a continuación: T1, T2, T3.

A partir de los resultados T4 al T8, se apreció un porcentaje mínimo de acción del producto aplicado anteriormente. Los tratamientos T9-T20 tuvieron resultados negativos. En los resultados de los blancos, se obtuvo un porcentaje mínimo de las concentraciones más altas de cada compuesto y en el tratamiento control se obtuvo un resultado positivo, después de 5 h de su aplicación. A continuación, se enlistan las horas de acción de los tratamientos positivos (Cuadro 2).





Cuadro 2. Tiempo de acción de los diferentes tratamientos aplicados al experimento realizado.

Tratamientos	Tiempo de acción (h)
T1	12
T2	12
T3	24
T4	48
T5	48
T6	48
T7	50
T8	52
BVMáx	48
BNMáx	48
Control (Dragoxone)	5

En la Figura 1 se muestra el tiempo de acción de cada tratamiento con la varianza respecto a cada tratamiento.

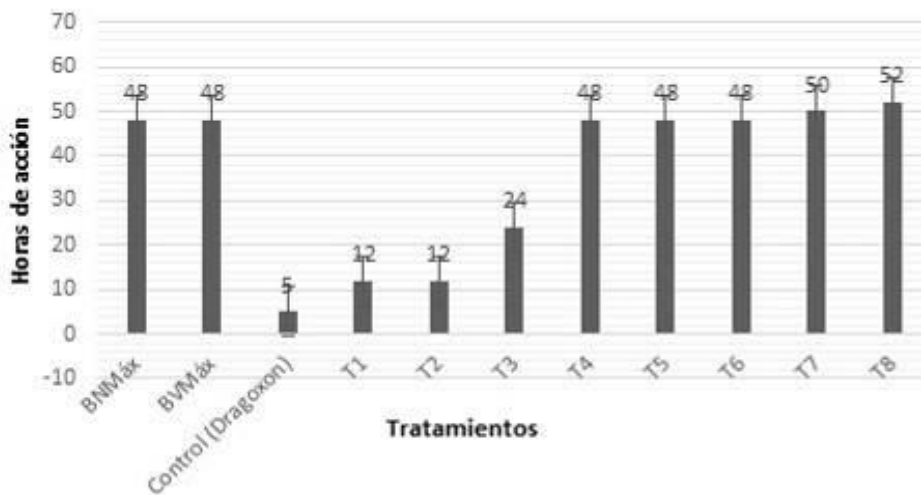


Figura 1. Tiempo de acción respecto al tiempo (horas) por cada tratamiento.

En los tratamientos T1, T2 y T3 se muestra un tiempo de emergencia de las arvenses de cuatro semanas posteriores a la aplicación del producto. En la Figura 2 se aprecia de manera gráfica el tiempo de emergencia de las arvenses posterior a la aplicación de cada tratamiento respecto al tiempo (días).



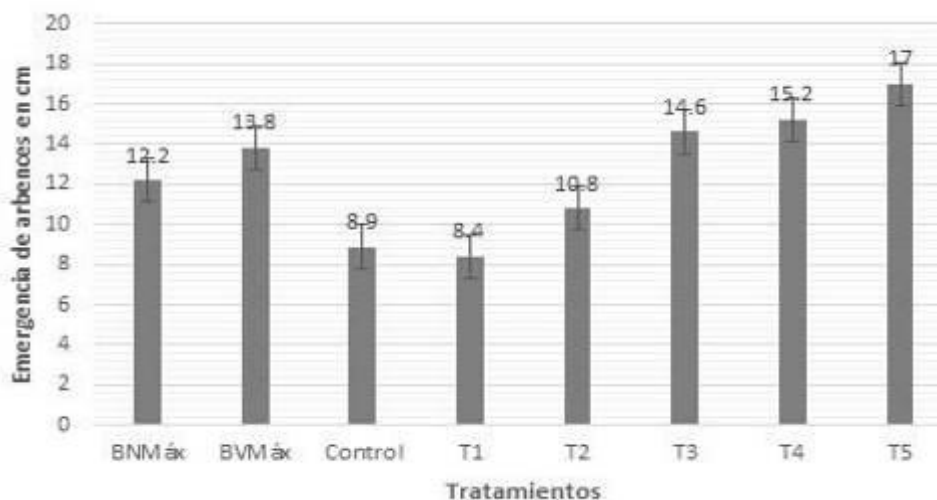


Figura 2. Tiempo de emergencia de los arbenes posterior a la aplicación de los tratamientos.

En los tratamientos T6, T7 y T8 se presentaron ligeras quemaduras en el envés de la hoja, pero sin llegar a la marchitez de la planta.

El pH del suelo sufrió una ligera variación, reduciéndolo a 6.5 en los tratamientos BVMáx, T1 y T2. En los tratamientos restantes el pH no tuvo variación alguna, permaneciendo en 7.

Conclusiones

1. El tratamiento T1 tuvo resultados favorables en comparación con el resto de los tratamientos restantes, ocasionando toxicidad a la planta en un periodo de tiempo más corto, comparable con el producto comercial Dragoxone.
2. Se recomienda no aplicar el tratamiento en suelos con pH inferiores a 5.7.
3. Los compuestos como el ácido acético y el nitrógeno por sí solos no presentan la misma eficacia que si se combinaran en su dosis más alta.
4. El tiempo de acción en horas del tratamiento T1 fue un poco mayor que el tratamiento control Dragoxone; sin embargo, en la emergencia de las arbenes respecto al tiempo, el tratamiento T1, retrasó la emergencia de nuevos brotes por un tiempo más prolongado en comparación del tratamiento control.



Literatura citada

- Canturo, C. J. 2000. Evaluación de la aplicación temprana de ácido acético para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de melón de trasplante. <https://www.Science.org.es/efectividad%20cuatro%20herbicidas%20aplicados%20en%20reciduos%20Roberto%20Alfaro.pdf>
- EPA (Environmental Protection Agency). 2001. Plaguicidas. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://www.español.epa.gov/español/plaguicidas>
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2001. Herbicidas orgánicos. FAO. <https://www.fao.org/docrep/T1147s/T1147sOe.htm>
- Gómez, C. J. 2011. Elaboración y evaluación de herbicidas. 2ª ed. Alfaomega Grupo Editor. México, D. F. 145 p.





FUNGICIDAS APLICADOS ANTES DE LA COSECHA CONTROLAN ENFERMEDADES EN REFRIGERACIÓN DE AGUACATE 'HASS' EN MICHOACÁN

Juan Antonio Herrera-González⁹ y Lucas Madrigal Huendo⁹

Resumen

Las exportaciones de aguacate 'Hass' a países de Asia y Europa requieren de 22 a 28 días de traslado marítimo, por lo que las enfermedades postcosecha son relevantes para la industria, ya que disminuyen la calidad del fruto, siendo *Colletotrichum gloeosporioides* el principal hongo causante de las enfermedades, por lo que aplicaciones antes de la cosecha pudieran disminuir la concentración de inóculo. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de cinco fungicidas aplicados dos, 14 y 28 días antes de la cosecha sobre el control de antracnosis del aguacatero en la variedad 'Hass' en madurez de consumo después de 28 días de refrigeración. El experimento se realizó en dos huertos, uno en clima templado subhúmedo y el otro en clima semicálido subhúmedo. En madurez óptima de cosecha, se aplicaron los fungicidas y dos, 14 y 28 días después fueron cosechados, después fueron almacenados en refrigeración ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y HR de $85\% \pm 10\%$) por 28 días; al finalizar este periodo los frutos fueron trasladados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y HR de $60\% \pm 10\%$) hasta alcanzar la madurez de consumo. En el huerto de clima semicálido, la aplicación de los fungicidas no tuvo efecto. En el huerto de clima templado, los tratamientos más eficientes, tanto para pudrición basal como para pudrición de la pulpa, fueron azoxystrobin, azoxystrobin + fludioxonil, sulfato de cobre y tiabendazol aplicados 14 y 28 días antes de la cosecha. Ningún fungicida fue eficiente cuando se aplicó dos días antes de la cosecha. El oscurecimiento vascular y la pudrición externa no fueron afectados por la aplicación de fungicidas.

Palabras clave: calidad, pudriciones, *Persea americana* Miller, madurez de consumo

⁹ Campo Experimental Uruapan. CIRPAS. INIFAP. herrera.juanantonio@inifap.gob.mx





Introducción

México es el principal productor y exportador de aguacate 'Hass' en el mundo. En 2016 se produjeron 1,889 millones de toneladas en todo el país, de las cuales 1,012 millones fueron exportadas (SIAP, 2016), el 78% a los Estados Unidos, lo que requiere entre dos y tres días de traslado, por lo que las enfermedades postcosecha no son relevantes para la industria. El resto de las exportaciones fueron a países más distantes en Asia y Europa (Japón, España, China o Francia), donde se requieren entre 22 y 28 días de traslado marítimo; en este punto las enfermedades postcosecha se agravan, afectando la calidad, la vida de anaquel y el valor comercial.

El principal hongo causante de las enfermedades en postcosecha es *Colletotrichum gloeosporioides* (Yenjit *et al.*, 2010), el cual durante la precosecha es una infección latente y en postcosecha, con las condiciones adecuadas, crece y se desarrolla provocando pudrición externa en la piel, pudrición basal y en la pulpa, así como decoloración de la pulpa asociada a la pudrición (Bill *et al.*, 2014). Una alternativa para disminuir la concentración del inóculo en precosecha sería la aplicación de fungicidas antes de la cosecha (Zhang y Timmer, 2007). Las aplicaciones de fungicidas en aguacate para exportación son comunes, pero en muchas ocasiones son irregulares y en otras son insuficientes. Por ejemplo, en Nueva Zelanda en todo el ciclo se realizan alrededor de 18 aplicaciones de fungicidas, en comparación con México que, sólo se realizan entre tres y ocho aplicaciones en toda la temporada. La aplicación de tecnología postcosecha para la disminución de las pudriciones sería una alternativa (Berry *et al.*, 2017); sin embargo, como el volumen de exportación es tan alto, esta práctica resultaría costosa por la pérdida de tiempo. En algunas investigaciones sobre enfermedades en postcosecha se han enfocado en aislar e identificar a los patógenos que la producen, buscando soluciones para la postcosecha. En otras investigaciones se han enfocado a eliminar el hongo para evitar enfermedades y la caída del fruto, cuando éste aún está en fase de desarrollo. Sin embargo, el control desde la precosecha, días antes de la cosecha, permitiría disminuir la concentración del inóculo, disminuyendo considerablemente las enfermedades en postcosecha y pérdida de la calidad en madurez de consumo.

En el listado de plaguicidas recomendados para el cultivo del aguacate, elaborado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la





Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de México (APEAM, A. C.), aparecen los fungicidas azoxystrobin, azoxystrobin + fludioxonil, piraclostrobina, sulfato de cobre y tiabendazol, para el control de antracnosis causada por *C. gloeosporioides*. El objetivo del estudio fue determinar el efecto en postcosecha de estos cinco fungicidas y el tiempo (días) más apropiado de aplicación antes de la cosecha para el control de antracnosis del aguacatero en la variedad 'Hass' en madurez de consumo después de 28 días de refrigeración.

Materiales y métodos

Fungicidas

Los fungicidas, formulación, manufactura y dosis de aplicación se muestran en el Cuadro 1. Todos dentro del listado de plaguicidas recomendados para el cultivo del aguacate de la APEAM A. C. (APEAM, 2016).

Cuadro 1. Listado de fungicidas a evaluar, sus nombres comunes y comerciales y dosis de aplicación.

Nombre técnico	Nombre comercial	Ingrediente activo (%)	Dosis
Azoxystrobin	Bankit®	23.75	500 a 600 mL/ha
Azoxystrobin+fludioxonil	Bankit Gold®	20.51	300 a 400 mL/ha
Piraclostrobina	Headline®	23.60	0.5 a 1.0 L/ha
Sulfato de cobre	Mastercop®	21.36	300 a 600 mL/ha
Tiabendazol	Tecto 60®	60.00	0.5 a 0.75 kg/ha

Características del huerto

El experimento se estableció en dos huertos, uno en Jujucato, municipio de Salvador Escalante y el segundo, en Uruapan, Michoacán, ambos a 1,682 m sobre el nivel del mar y suelo tipo andosol; el primero en clima templado subhúmedo con lluvias en verano [C(w2)(w)] y el segundo en un clima semicálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano [(A)C(m)(w)]. El manejo de los árboles, en ambos huertos, fue el que realiza el productor normalmente.





Aplicación de fungicidas

Por cada fungicida se tomaron tres repeticiones y un árbol por cada repetición. Todos los fungicidas se aplicaron el 24 de noviembre de 2017 y fueron aplicados vía foliar en los árboles seleccionados con una motobomba de alta presión con un tanque de 20 L (efco, IS 2026). Las dosis aplicadas fueron las establecidas en el listado de plaguicidas recomendados (Cuadro 1) (APEAM, 2016). Los frutos fueron bañados hasta punto de goteo, usando aproximadamente 3 a 4 L/árbol. Como adherente se utilizó Break® Thru. Los árboles control fueron aplicados sólo con adherente.

Cosecha de frutos y manejo postcosecha

Los frutos fueron cosechados 2, 14 y 28 días después de la aplicación de los fungicidas (noviembre 24, 2017). Por cada árbol (repetición) se tomaron 10 frutos, tres árboles por tratamiento (30 frutos), los cuales fueron tomados de manera aleatoria. Los frutos fueron transportados en cajas de acarreo de plástico de 11 kg al laboratorio del Campo Experimental Uruapan del INIFAP, para su almacenamiento en refrigeración por 28 días a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa (HR) de $85\% \pm 10\%$ y posterior traslado a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y HR de $60\% \pm 10\%$) hasta madurez de consumo.

VARIABLES EVALUADAS

En madurez de consumo (fruto completamente negro y blando al tacto con las manos) en todos los frutos se evaluó la pudrición externa e interna. Para la pudrición externa se evaluó el porcentaje de frutos con este daño. Para la pudrición interna, todos los frutos fueron partidos a la mitad, evaluando el porcentaje de incidencia de pudrición de la pulpa, pudrición basal y oscurecimiento vascular.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Como factor de variación, fungicidas y días antes de la cosecha. Se realizaron análisis de varianza con el paquete estadístico SAS V9.3 (SAS, 2017). Los datos fueron transformados en valores de raíz cuadrada de arco seno para la normalización de las varianzas antes del análisis. La





comparación de medias se realizó con la prueba de Waller-Duncan ($\alpha = 0.05$). En todos los casos se presentaron los porcentajes reales de las variables evaluadas.

Resultados y discusión

Pudrición basal

El fungicida y el tiempo de aplicación tuvieron un efecto significativo en la incidencia de la pudrición basal en el huerto Jujucato. La interacción fungicida por tiempo también fue significativa. Los fungicidas azoxystrobin + fludioxonil, piraclostrobina, sulfato de cobre, tiabendazol y testigo, aplicados dos días antes de la cosecha, presentaron los porcentajes más altos de pudrición basal (23 a 50%), seguido de piraclostrobina y testigo, aplicado 28 días antes de la cosecha. Los fungicidas más eficientes en el control de la pudrición basal fueron azoxystrobin, azoxystrobin + fludioxonil, sulfato de cobre y tiabendazol aplicados 14 y 28 días antes de la cosecha.

En el huerto de Uruapan, el fungicida y el tiempo de aplicación no presentaron un efecto significativo en la incidencia de la pudrición basal. En este huerto la incidencia no superó el 10% con cualquier fungicida en todos los periodos de aplicación antes de la cosecha (Cuadro 2). Esto pudo deberse a que el productor tiene un buen manejo de las enfermedades en el huerto o que los hongos presentes en el fruto no toleren o resistan bajas temperaturas por largos periodos (Huang *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Efectos de la aplicación de fungicidas aplicados en diferentes tiempos antes de la cosecha sobre la pudrición basal de frutos de 'Hass'.

Huerto	Fungicida	Pudrición basal		
		2 d	14 d	28 d
Jujucato	Azoxystrobin	13.3 b ^z	0.0 a	0.0 b
	Azoxystrobin + fludioxonil	23.3 ab	3.3 a	0.0 b
	Piraclostrobina	36.7 ab	3.3 a	20.0 a
	Sulfato de cobre	40.0 ab	0.0 a	5.0 b
	Tiabendazol	30.0 ab	0.0 a	0.0 b
	Testigo	50.0 a	3.3 a	20.0 a
Uruapan	Azoxystrobin	6.7 a	10.0 a	3.3 a





Continúa Cuadro 2...

Huerto	Fungicida	Pudrición basal		
		2 d	14 d	28 d
	Azoxystrobin + fludioxonil	0.0 a	10.0 a	3.3 a
	Piraclostrobina	0.0 a	0.0 a	10.0 a
	Sulfato de cobre	3.3 a	0.0 a	0.0 a
	Tiabendazol	0.0 a	3.3 a	3.3 a
	Testigo	0.0 a	3.3 a	3.3 a

²Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, $P = 0.05$).

Pudrición de la pulpa

El fungicida y el tiempo de aplicación tuvieron un efecto significativo en la incidencia de la pudrición de la pulpa en el huerto Jujucato. Los fungicidas azoxystrobin + fludioxonil, piraclostrobina, sulfato de cobre, tiabendazol y testigo, aplicados dos días antes de la cosecha, fueron los de mayor incidencia, siendo el mayor el sulfato de cobre con 66.7%. El fungicida más eficiente fue azoxystrobin, aplicado dos días antes de la cosecha. Todos los fungicidas fueron eficientes en el control de pudrición de la pulpa, que el resto de los fungicidas, cuando se aplicaron 14 días antes de la cosecha, donde el testigo alcanzó el 13% de incidencia. Piraclostrobina, sulfato de cobre y testigo, aplicados 28 días antes de la cosecha, presentaron la incidencia más alta de pudrición de la pulpa. A su vez, azoxystrobin, azoxystrobin + fludioxonil y tiabendazol fueron los más eficientes con menos del 10% de incidencia (Cuadro 3).

En el huerto de Uruapan, el fungicida y el tiempo de aplicación no presentaron un efecto significativo en la incidencia de la pudrición de la pulpa. En este huerto la incidencia de no superó el 24% con cualquier fungicida en todos los periodos de aplicación antes de la cosecha (Cuadro 3).





Cuadro 3. Efectos de la aplicación de fungicidas aplicados en diferentes tiempos antes de la cosecha sobre la pudrición de la pulpa de frutos de 'Hass'.

Huerto	Fungicida	Pudrición de la pulpa		
		2 d	14 d	28 d
Jujucato	Azoxystrobin	16.7 b ^z	0.0 a	10.0 a
	Azoxystrobin + fludioxonil	50.0 a	10.0 a	0.0 a
	Piraclostrobina	43.3 a	3.3 a	35.0 b
	Sulfato de cobre	66.7 a	0.0 a	20.0 b
	Tiabendazol	53.3 a	0.0 a	0.0 a
	Testigo	53.3 a	13.3 a	20.0 b
Uruapan	Azoxystrobin	20.0 a	23.3 a	3.3 a
	Azoxystrobin + fludioxonil	3.3 b	13.3 a	6.7 a
	Piraclostrobina	0.0 b	0.0 a	16.7 a
	Sulfato de cobre	6.7 b	0.0 a	0.0 a
	Tiabendazol	0.0 b	16.7 a	13.3 a
	Testigo	3.3 b	10.0 a	23.3 a

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, $P = 0.05$).

Oscurecimiento vascular

El fungicida y el tiempo de aplicación tuvieron un efecto significativo en la incidencia del oscurecimiento vascular en el huerto Jujucato. Sulfato de cobre, tiabendazol y testigo fueron los menos eficientes cuando se aplicaron dos días antes de la cosecha. La aplicación de los fungicidas 14 y 28 días antes de la cosecha disminuyó la incidencia a menos del 5% de oscurecimiento vascular (Cuadro 4).

En el huerto de Uruapan, el fungicida y el tiempo de aplicación no presentaron un efecto significativo en la incidencia de la pudrición de la pulpa. En este huerto la incidencia de no superó el 16% con cualquier fungicida en todos los periodos de aplicación antes de la cosecha (Cuadro 4).





Cuadro 4. Efectos de la aplicación de fungicidas aplicados en diferentes tiempos antes de la cosecha sobre el oscurecimiento vascular de frutos de 'Hass'.

Huerto	Fungicida	Oscurecimiento vascular		
		2 d	14 d	28 d
Jujucato	Azoxystrobin	10.0 b ^z	0.0 a	5.0 a
	Azoxystrobin + fludioxonil	13.3 b	3.3 a	0.0 a
	Piraclostrobina	3.3 b	3.3 a	5.0 a
	Sulfato de cobre	33.3 a	0.0 a	5.0 a
	Tiabendazol	26.7 a	0.0 a	2.0 a
	Testigo	30.0 a	3.3 a	5.0 a
Uruapan	Azoxystrobin	13.3 a	16.7 a	3.3 a
	Azoxystrobin + fludioxonil	0.0 a	3.3 a	3.3 a
	Piraclostrobina	0.0 a	0.0 a	13.3 a
	Sulfato de cobre	3.3 a	0.0 a	0.0 a
	Tiabendazol	0.0 a	10.0 a	6.7 a
	Testigo	0.0 a	0.0 a	3.3 a

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, $P = 0.05$).

Pudrición externa

El fungicida y el tiempo de aplicación no tuvieron efecto significativo en la incidencia de la pudrición externa en ambos huertos, Jujucato y Uruapan (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efectos de la aplicación de fungicidas aplicados en diferentes tiempos antes de la cosecha sobre la pudrición externa de frutos de 'Hass'.

Huerto	Fungicida	Pudrición externa		
		2 d	14 d	28 d
Jujucato	Azoxystrobin	3.3 a ^z	0.0 a	0.0 a
	Azoxystrobin + fludioxonil	3.3 a	0.0 a	0.0 a
	Piraclostrobina	0.0 a	0.0 a	0.0 a
	Sulfato de cobre	3.3 a	0.0 a	5.0 a
	Tiabendazol	6.7 a	0.0 a	15.0 a
	Testigo	10.0 a	3.3 a	10.0 a
Sesangari	Azoxystrobin	0.0 a	16.7 a	3.3 a
	Azoxystrobin + fludioxonil	0.0 a	13.3 a	0.0 a
	Piraclostrobina	0.0 a	0.0 a	10.0 a
	Sulfato de cobre	0.0 a	3.3 a	0.0 a
	Tiabendazol	0.0 a	3.3 a	3.3 a
	Testigo	0.0 a	6.7 a	10.0 a

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Waller-Duncan, $P = 0.05$).





Conclusiones

1. Los tratamientos más eficientes para la disminución de pudrición basal fueron azoxystrobin, azoxystrobin + fludioxonil, sulfato de cobre y tiabendazol, aplicados 14 y 28 días antes de la cosecha. 2. Aplicar cualquiera de los fungicidas dos días antes de la cosecha no disminuye estas enfermedades. 3. El fungicida azoxystrobin puede disminuir la incidencia de pudrición de pulpa si se aplica dos, 14 y 28 días antes de la cosecha. 4. Los tratamientos más eficientes para disminuir la pudrición de la pulpa fueron azoxystrobin, azoxystrobin + fludioxonil y tiabendazol aplicados 14 y 28 días antes de la cosecha. 5. El oscurecimiento vascular y la pudrición externa no se ven afectados por la aplicación de fungicidas.

Literatura citada

- APEAM (Asociación de Productores y Exportadores de aguacate de México A. C.). 2016. Listado de plaguicidas recomendado para el cultivo del aguacate. <http://www.apeamac.com/pdf/plag2013.pdf>
- Berry, T. M., T. S. Fadiji, T. Defraeye and U. L. Opara. 2017. The role of horticultural carton vent hole design on cooling efficiency and compression strength: A multi-parameter approach. *Postharvest Biol. Technol.* 124:62-74.
- Bill, M., D. Sivakumar, L. Korsten and A. K. Thompson. 2014. The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Prot.* 64:159-167.
- Huang, S., G. Zhu, L. Qin, X. Zhou, F. Huang, Q. Li *et al.* 2012. Enhancement of efficacy in controlling postharvest decays and extending shelf life of mangoes by combined pre- and postharvest chemical applications. *Int. J. Agric. Biol.* 14(2):176-182.
- SAS. 2017. SAS Institute Inc. SAS 9.3 TS Level 1M2. Cary, NC, USA. https://www.sas.com/en_us/software/sas9.html.





- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola). http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp [consultado el 29 de mayo de 2018].
- Yenjit, P., M. Issarakraisila, W. Intana and K. Chantrapromma. 2010. Fungicidal activity of compounds extracted from the pericarp of *Areca catechu* against *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* and in mango fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 55(2):129-132.
- Zhang, J. and L. W. Timmer. 2007. Preharvest application of fungicides for postharvest disease control on early season tangerine hybrids in Florida. *Crop Prot.* 26(7): 886-893.





EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE GENOTIPOS CRIOLLOS DE CALABAZA CHIHUA (*Cucurbita argyrosperma* Huber)

Jorge Ismael Tucuch-Haas^{10*}, María Alma Rangel-Fajardo¹⁰, Antonio Villalobos-González¹¹ y César Jacier Tucuch-Haas¹²

Resumen

La calabaza criolla, conocida en lengua maya como “xtop” y actualmente como chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) es un cultivo milenario ligado al desarrollo de la agricultura, mismo que ha ido evolucionando en asociación con el maíz, y por sus múltiples usos se encuentra presente en la alimentación humana, aprovechando de dicha planta, las flores, los frutos y las semillas, siendo este último el interés principal de los agricultores, debido a que va en aumento la aceptación y el buen precio de venta de la semilla, levantando el interés de los productores por aumentar la superficie de siembra. Sin embargo, a pesar de su antigüedad, no existe información sobre la producción intensiva o tecnologías actualizadas que contribuyan a obtener mayores y mejores rendimientos, alta calidad en las semillas y una inversión rentable del cultivo, es por eso, que el objetivo del presente trabajo fue: evaluar la respuesta agronómica de cuatro genotipos de calabaza chihua en condiciones de la península de Yucatán. Los cuatro genotipos de calabaza se establecieron en parcelas a cielo abierto en el Sitio Experimental Uxmal del INIFAP. Para el ensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar. La variedad que presentó mayor rendimiento de semillas fue el genotipo Yucatán (66.54 g/fruto), seguidamente del genotipo Norteño (54.15 g/fruto), mientras que, el genotipo Aguascalientes fue el que proporcionó menor rendimiento de semilla (18.4 g/fruto). Se puede concluir, que existen genotipos de calabazas criollas con grandes expectativas de rendimiento, producción intensiva y sobre todo, rentable.

Palabras clave: xtop, adaptación, diversidad genética, rendimiento

¹⁰ Campo Experimental Mocochoá. CIRSE. INIFAP. *tucuch.jorge@inifap.gob.mx

¹¹ Campo Experimental Edzná. CIRSE. INIFAP.

¹² Instituto Tecnológico Superior del Sur del estado de Yucatán.





Introducción

Las calabazas son de las primeras plantas domesticadas en Mesoamérica, y actualmente, junto con el maíz (*Zea mays* L.) y los frijoles (*Phaseolus* spp.), son uno de los principales componentes de la milpa y alimento básico de México, sobre todo de la población rural. México es un importante centro de origen, domesticación y diversificación del cultivo de calabaza (*Cucurbita* spp.) (Canul *et al.*, 2005). El género consta de un total de 20 especies o subespecies; en el país se cultivan variedades de cuatro de las cinco especies domesticadas en Mesoamerica: *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* Duch Ex Lam, *C. argyrosperma* Huber y *C. ficifolia* Bouché (Lira-Saade, 1995). En México, el cultivo de calabaza es importante en sistemas agrícolas tradicionales de diversos estados, como Yucatán, Campeche, Jalisco, Oaxaca y Veracruz, aunque generalmente como cultivo secundario después de otros básicos (Whitaker y Bohn, 1950; Whitaker y Davis, 1962), caso concreto la milpa en Yucatán, la cual consiste en la siembra asociada de maíz (*Zea mays* L.), (*Phaseolus lunatus*), frijol xcoolibuul (*P. vulgaris*) y calabaza (*Cucurbita* spp.) junto con otros cultivos hortícolas bajo el sistema agrícola de roza-tumba-quema (Canul *et al.*, 2005). En la península de Yucatán actualmente se desconocen algunos de los beneficios que conllevan la conservación de la diversidad de plantas (materiales nativos). Por ejemplo, la calabaza chihua, que cotidianamente el productor cultiva bajo ciertas actividades agrícolas que no permiten obtener buenos resultados en cuanto al rendimiento de semilla (pepita). En este contexto es vital la generación de información (alternativas y uso de herramientas) para la conservación, resguardo y aprovechamiento de las colecciones ubicadas en los estados de la península de Yucatán, y de esta manera contribuir a la alimentación a futuro de una población en continuo crecimiento y enfrentar el reto de una población amenazada por el cambio climático utilizando la variabilidad genética propia de la calabaza, por lo que el acervo genético que se conservan en los bancos de germoplasmas es de gran ayuda para enfrentar estos retos y mejorar el bienestar de los productores que se dedican a esta actividad, ya que en la mayoría de ellos el cultivo de la calabaza representa una de las principales fuentes de ingreso para sostenerse. En el año 2015, los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán ocuparon en ese orden, el tercer, quinto y onceavo lugar en la producción de calabaza chihua a nivel nacional, con un promedio de 4,100, 1,200 y 164 toneladas (SIAP, 2017). El 99% de la





producción de calabaza chihua en la península de Yucatán se cultiva en condiciones de temporal, superficie que está expuesta a daños por los efectos de los temporales deficientes (sequía) y distribución irregular del agua. Bajo esta premisa es fundamental el desarrollo de alternativas para mitigar los efectos del cambio climático en las áreas donde se cultiva la planta de calabaza y a su vez conservar los materiales nativos, debido a que actualmente el acervo genético está disminuyendo de manera tan rápida, que es arriesgado para el bienestar futuro del ser humano y de la propia naturaleza. En este contexto, desafortunadamente en la actualidad la información sobre el sistema de producción de calabaza chihua es escasa en la península de Yucatán, y es necesario, integrar, validar y transferir la tecnología que contribuya a obtener mayores rendimientos, mejor calidad y la máxima rentabilidad en las condiciones ecológicas y económicas predominantes del estado de Yucatán. Algunos estudios recientes de investigación indican que las colecciones de materiales nativos, conservación, evaluación, validación y transferencia de tecnologías, son algunas de las estrategias para mitigar los efectos de las variaciones climáticas en el mundo y su amplia distribución espacio-temporal (Sánchez *et al.*, 2006). Actualmente en la península de Yucatán no existe información y estudios sobre materiales nativos de calabaza chihua en condiciones de temporal, alternativa que conllevara a mejorar la producción de semilla por hectárea. En este sentido, en la búsqueda de alternativas para mejorar el ingreso de los productores de la península de Yucatán, se propone como objetivo de este trabajo evaluar los materiales de calabaza chihua en condiciones de temporal.

Materiales y métodos

Los materiales de calabaza utilizados provinieron de varios estados (Cuadro 1). Se sembraron de manera directa al suelo en parcelas a cielo abierto en el Sitio Experimental Uxmal del INIFAP, el 15 de marzo de 2017. Previo a la siembra, el terreno se preparó en camas de 3 m de ancho y 100 m de largo; cada semilla se sembró a 1 m entre planta y planta, obteniendo 100 plantas por cama y una densidad de 3,300 plantas por hectárea.





Cuadro 1. Materiales evaluados.

Número	Clave	Estado
1	Norteño	Nuevo León
2	Chihua	Chihuahua
3	Aguas	Aguascalientes
4	Local	Yucatán

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. La parcela útil consistió de 25 plantas, de 100 que constituyó la unidad experimental. El control de malezas fue según lo fue requiriendo el cultivo, manual, mecánico y con productos químicos (este último se realizó cinco días antes de la siembra de la semilla de calabaza chihua). Las plagas y enfermedades se controlaron con imidacloprid, 1 L/ha, oxiclورو de cobre + mancozeb, 1 kg/ha. El riego fue por goteo y se aplicó según el requerimiento del cultivo. La fertilización se realizó en forma manual con la fórmula 100-60-40; 10 d después del trasplante se aplicó 60% del nitrógeno, 100% del fósforo y 100% del potasio; el resto de nitrógeno (40%) se suministró 25 d después. Los caracteres morfológicos se registraron con el descriptor de *Cucurbita* propuesto por Esquinas-Alcázar y Gulick (1983) y modificado por Vildózola (1998), de la cual se midieron ocho variables cuantitativas (Cuadros 2 y 3). La toma de datos de las variables inició después de la cosecha, ya con los frutos maduros o sazones. Para el ensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar. A los datos se les realizó análisis de varianza, considerando como variable independiente el producto (fruto y calidad de la semilla). Las medias de cada tratamiento se compararon por medio de la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

Resultados y discusión

La evaluación de las diferentes características realizado a los frutos de los cuatro genotipos de calabaza chihua, se observan algunas diferencias entre cada genotipo evaluado (Cuadro 2).





Cuadro 2. Número de frutos y características principales.

Genotipo	No. de frutos	Peso de fruto (g)	Diámetro de fruto (cm)		Grosor de la pulpa (cm)	
			Radial	Polar	Basal	Pedicelo
Norteño	195 b	2028 a	61.85 a	54.47 a	1.49 b	4.28 a
Chihuahua	109.5 b	1340 a	44.11 b	50.81 a	2.32 a	4.28 a
Aguascalientes	12 c	1460 a	42.43 b	52.20 a	2.26 a	3.09 a
Yucatán	298.5 a	1961 a	60.08 a	56.34 a	1.62 b	2.60 a
DMS	96.31	789	5.94	8.84	0.41	5.45

Medias con letras distintas en la columna son estadísticamente diferentes entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Cuadro 3. Respuesta sobre el peso y número de semillas de cada genotipo.

Genotipo	Peso de semilla (g)		Numero de semillas		
	Húmeda	Seca	Llenas	Vanas	Totales
Norteño	103.51 b	54.15 a	248.45 a	116.15 a	366.70 a
Chihuahua	45.47 c	24.63 b	214.95 a	91.75 a	315.70 a
Aguascalientes	38.64 c	18.40 b	145.00 b	122.70 a	277.70 a
Yucatán	113.56 a	66.54 a	284.15 a	52.50 a	347.65 a
DMS	9.39	12.77	69.25	109.13	178.89

Medias con letras distintas en la columna son estadísticamente diferentes entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

El genotipo Yucatán fue el que presentó mayor número de frutos; sin embargo, al momento de hacer las comparaciones del rendimiento entre los genotipos se observó que no existen diferencias significativas, lo que se deduce, es que el genotipo Yucatán produce mayor número de frutos pequeños, y que en cuanto a forma del fruto, los genotipos son diferentes; resultados similares encontraron Ayvar *et al.* (2014), donde ellos realizaron una especie de poda y contabilizaron el número de frutos y el rendimiento de la calabaza chihua.

A pesar de que el genotipo Yucatán produce frutos pequeños, el 86% de sus semillas presentan buen llenado; a su vez, el genotipo que presentó menor porcentaje de semillas llenas fue Aguascalientes (52%), que, al provenir de otra región de país, requiere de un periodo de adaptación. Estos resultados concuerdan con los de Cerón *et al.* (2010), que encontraron que las especies de calabaza pertenecientes a clima templado, disminuyeron su rendimiento cuando se evaluaron en climas tropicales y viceversa.





Conclusiones

1. El genotipo Yucatán o local, es un genotipo de calabaza adaptado para las condiciones climáticas de la región, por lo que presentó mayor número de frutos y mayor número de semillas con calidad de comercialización para pasta o consumo en fresco, 2. Este genotipo puede servir para desarrollar nuevas variedades de calabaza para su aprovechamiento en la península de Yucatán.

Literatura citada

- Ayvar, S. S., A. Mena B., D. Cortés M., J. A. Durán R. y J. G. de Luna M. 2004. Rendimiento de la calabaza pipiana en respuesta a la poda y la densidad de población. Rev. Fitotec. Mex. 27(Núm. Especial):69-72.
- Canul, K. J., P. Ramírez V., F. Castillo G. y J. L. Chávez S. 2005. Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. Rev. Fitotec. Mex. 28(4):339-349.
- Cerón G., L., J. P. Legaria S., C. Villanueva V. y J. Sahagún C. 2010. Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp.). Rev. Fitotec. Mex. 33(3):189-196.
- Esquinas-Alcázar, J. T. and P. J. Gulick. 1983. Genetic resources of *Cucurbitaceae* - a global report. International Board for Plant Genetic Resources. AGPG: IBPGR/82/48. Rome, Italy. 101 p.
- Lira-Saade, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica: *Cucurubita*, *Sechium*, *Sicana* y *Cyclanthera*. Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools. 9. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 281 p.
- Sánchez, H. M. A., J. A. Mejía C., C. Villanueva V., J. Sahagún C., A. Muñoz O. y J. D. Molina G. 2006. Estimación de parámetros genéticos en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). Rev. Fitotec. Mex. 29(2):127-136.





- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Cierre de producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricolapor-cultivo/> [consultado el 22 de junio de 2017].
- Vildózola, T. J. L. 1998. Caracterización y selección *in situ* de una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 62 p.
- Whitaker, T. W. and G. N. Davis. 1962. Cucurbits: Botany, cultivation and utilization. Interscience Publishers. New York, USA. 250 p.
- Whitaker, T. W. and G. W. Bohn. 1950. The taxonomy, genetics, production and uses of the cultivated species of *Cucurbita*. *Econ. Bot.* 4(1):52-81.





COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VARIEDADES DE SOYA EN YUCATÁN

María Alma Rangel Fajardo^{13*}, Jorge Ismael Tucuch Haas¹³, Mirna Hernández Pérez¹⁴ y Dianely de la Cruz Basto Barbudo¹⁵

Resumen

El cultivo de soya ocupa un lugar importante en la economía del país. Existen regiones agrícolas en el país con potencial para su producción; sin embargo, se desconoce el comportamiento de las variedades que están disponibles y permitidas en el mercado. Se evaluaron ocho variedades de soya (Huasteca 100, Huasteca 200, Huasteca 300, Huasteca 400, Huasteca 600, Vernal, Tamesí y Luziânia) bajo régimen de temporal PV 2017, en dos fechas de siembra (27 de junio y 10 de julio) en las condiciones ambientales de Yucatán. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial (factor 1 variedades y factor 2 fechas de siembra) con tres repeticiones. El seguimiento del cultivo fue bajo el paquete tecnológico recomendado para el cultivo. Se tomaron las variables respuesta: días a floración, altura de planta, altura a primer entrenudo, número de ramas, número de vainas, número de semillas por planta y peso de 1,000 semillas. Se realizó el ANOVA y la comparación de medias Tukey 0.05 por medio de SAS 9.3. Todas las variables presentaron diferencias ($p \leq 0.05$) en todos los factores. Las fechas de siembra influyeron en la respuesta a excepción de Huasteca 400 y Huasteca 600 que no presentaron afectaciones tan marcadas como en el resto de variedades. La variedad Tamesí registró el mayor rendimiento; sin embargo, fue la de menor altura, lo que puede traducirse como problemas para la mecanización. Es necesario al menos otro ciclo de evaluación con la finalidad de confirmar el comportamiento obtenido en este ciclo.

Palabras claves: Tamesí, Huasteca, rendimiento

¹³ Campo Experimental Mocochoá. INIFAP. CIRSE. *rangel.alma@inifap.gob.mx

¹⁴ Campo Experimental Edzná. INIFAP. CIRSE.

¹⁵ Instituto Tecnológico de Conkal.





Introducción

La soya es una de las oleaginosas de mayor importancia en el mundo. México es el cuarto importador de este grano, el cual es destinado principalmente a la industria alimenticia por sus altos contenidos proteicos, lo que permite la elaboración de alimentos para humanos, así como alimentos balanceados para animales, y en últimos años, para la elaboración de biodiesel. El cultivo de la soya tiene altas posibilidades de producción en diferentes regiones del país; sin embargo, es necesario identificar, dentro de las variedades generadas y presentes en el mercado o experimentales, las mejores opciones en cuanto a comportamiento agronómico. La soya es una planta que se ve afectada por el fotoperiodo y muchos de sus caracteres de productividad dependen de ello (altura a la primera vaina, número de vainas, peso de semilla, etc.). Yucatán ha incursionado en la producción de esta oleaginosa, en la región sur del estado; sin embargo, no se ha impulsado con mayor ahínco para que productores se interesen en el cultivo. En México, la superficie sembrada con soya es de 266,499.09 ha, en las que se obtiene un rendimiento promedio de 1.65 t/ha (SIAP, 2017). Se estima que existen 4,200 productores de soya en los estados de Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí, Campeche, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo. En México, la demanda de la soya supera ampliamente a la oferta, por lo que el país es un recurrente importador de grano. Se estima que, en 2016, México se posicionó como el tercer importador de soya en el mundo, destinando 98% al sector pecuario. Un aumento significativo en la producción nacional de soya en México, ayudaría a disminuir la dependencia de este insumo del extranjero, proporcionaría materia prima para la elaboración de aceites y alimentos con alto contenido proteico a un precio estable, y aumentaría la disponibilidad de alimentos en nuestro país (SAGARPA, 2016). Por esta razón, es indispensable contar o desarrollar paquetes tecnológicos para cada ambiente donde exista o se pretenda establecer este cultivo, considerando los factores agroecológicos más importantes con que las plantas interactúan, como el tipo de suelo y las condiciones meteorológicas. Los principales consumidores de la soya, en México, son la industria pecuaria y aceitera. La industria pecuaria utiliza la pasta o harina de soya en la elaboración de alimentos concentrados para aves, cerdos y ganado. Por otro lado, la industria aceitera utiliza la soya, principalmente para la extracción y transformación de aceite para uso comestible. Estos usos han permitido que





la soya sea considerada como uno de los cultivos más rentables en el mundo (SAGARPA, 2016). Desde los años 90's, en México la superficie dedicada a la siembra de soya ha disminuido considerablemente, principalmente por la presencia de sequías y los problemas fitosanitarios que enfrenta el cultivo; sin embargo, se han generado variedades que enfrentan estos tipos de problemas. En el estado de Yucatán, en 2017 se sembraron 9,634 ha (SIAP, 2017), lo que representa el 1.15% de la producción nacional. Se considera que el estado tiene oportunidad para incrementar la superficie sembrada y cosechada de esta oleaginosa, por lo que es pertinente realizar evaluaciones de las variedades que se encuentran disponibles para el trópico, y verificar su comportamiento productivo y sanitario para actualizar los paquetes tecnológicos y generar estrategias que lleven a mejores opciones de cultivo para los productores. El cultivo de la soya es una opción rentable para el estado de Yucatán; se cuenta con el mercado disponible, pero a falta de materia prima debe ser trasladada de otros estados productores o incluso importar, cerrando una oportunidad a los productores de la región que cuentan con tierras mecanizables. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar las principales variedades de soya, generadas por el INIFAP, bajo régimen de temporal en condiciones ambientales del estado de Yucatán.

Materiales y métodos

Se evaluaron ocho variedades de soya (Huasteca 100, Huasteca 200, Huasteca 300, Huasteca 400, Huasteca 600, Vernal, Tamesí y Luziânia) durante el ciclo PV 2018 en dos fechas de siembra (27 de junio y 10 de julio) bajo un régimen de temporal; cada fecha de siembra se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se obtuvieron los datos de temperatura máxima y mínima y precipitación de la estación meteorológica del SE Uxmal, durante el periodo de evaluación y fueron graficados. Las parcelas fueron monitoreadas para el control de malezas y plagas. Las variables respuesta que se registraron fueron: días a floración cuando el 50% de las plantas de la parcela presentaron floración; altura a la primer vaina, tomando la medida del cuello del tallo hasta donde se presentó la primer vaina; altura de planta, tomada del cuello del tallo hasta la parte superior de la planta; número de ramas por planta, solamente fueron contabilizadas las





ramas primarias; número de vainas por planta, se contabilizó el número total de vainas por planta de cinco plantas y se obtuvo el promedio; número de semillas por planta, se contabilizó en cinco plantas y se obtuvo el promedio, peso de semillas por planta, las semillas obtenidas de la variable anterior se pesaron en una báscula Velab modelo VE-1000; peso de 1,000 semillas, se obtuvo del promedio de ocho muestras de 100 semillas. Todas las variables respuesta fueron analizadas por ANOVA y la comparación de medias por Tukey (0.05) con ayuda de SAS versión 9.3.

Resultados y discusión

La floración se presentó a diferentes días después de la siembra (DDS) en todas las variedades durante la primera fecha. La variedad Huasteca 300 fue la más precoz, registrando la floración a los 44 DDS, mientras que Tamesí, Vernal y Huasteca 400 a los 51 DDS y Huasteca 100, Huasteca 200, Luziânia y Huasteca 600 registraron la floración a los 58 DDS. En la segunda fecha de siembra la floración se adelantó considerablemente con respecto a la primera fecha. Las variedades Luziânia, Huasteca 400 y Huasteca 600 registraron floración a los 44 DDS y el resto de variedades a los 49 DDS. La cosecha se inició el 24 de octubre con las parcelas de Luziânia y Vernal de la fecha 1, mientras que el resto de variedades se cosecharon una semana después. La fecha dos se cosechó completa dos semanas después (7 de noviembre de 2017). De acuerdo con los resultados obtenidos, la fecha 1 arrojó los mejores resultados en todas las variables, solamente altura a primer vaina y peso de 1000 semillas no mostraron diferencias ($P < 0.05$). Por otro lado, los factores de variedades registraron diferencias ($P > 0.05$) en todas las variables a excepción de altura a la primera rama, Las variedades de mayor altura fueron Huasteca 200, Huasteca 400 y Huasteca 300, con altura de 70 cm aproximadamente, la variedad de menor altura registrada fue Tamesí con solo 39 cm en promedio; sin embargo, sobresalió en el número de ramas por planta con un promedio de 10 ramas. La variedad Huasteca 200 registró la mayor cantidad de vainas al igual que el número de semillas; sin embargo, a pesar de esta respuesta la variedad Tamesí sobresalió en el peso de semilla de la muestra, de igual forma el peso de 1,000 semillas y rendimiento (Cuadro 1).





Cuadro 1. Variables respuestas evaluadas en el cultivo de soya durante el ciclo PV 2017 en el SE Uxmal.

	Altura de planta (cm)	Altura Primer vaina (cm)	Número ramas	Número vainas	Número semillas	Peso de semilla (g)	Peso de 1,000 semillas (g)	Rendimiento (t/ha)
Fechas								
1	63.87 a	10.55 a	8.19 a	186.16 a	363.51 a	40.44 a	111.58 a	1.21 a
2	56.17 b	9.57 a	6.21 b	135.32 b	270.98 b	30.99 b	113.07 a	0.93 b
dms	6.88	1.99	0.96	24.81	50.6	6.59	7.1	0.2
Variedades								
Huasteca 100	53.67 ab	10.87 a	6.2 b	136.1 ab	276.6 ab	28.71 b	104.77 ab	0.86 b
Huasteca 200	70.13 a	10.4 a	6.73 b	214.47 a	420.53 a	41.37 ab	98.75 b	1.24 ab
Huasteca 400	70.37 a	11.88 a	8.13 ab	157.67 ab	345.53 ab	36.38 ab	105.72 ab	1.09 ab
Huasteca 600	59.97 ab	10.87 a	6.03 b	125.17 b	267.63 ab	31.30 ab	116.73 ab	0.94 ab
Vernal	59.04 ab	9.66 a	8 ab	126.13 b	232.5 b	26.22 b	112.15 ab	0.79 b
Tamesí	39.7 b	5.53 a	5.83 b	130.23 b	390.63 ab	50.31 a	127.32 a	1.51 a
Luziânia	59.38 ab	11.36 a	10.94 a	182.53 ab	330.07 ab	37.50 ab	111.93 ab	1.13 ab
Huasteca 300	67.93 a	9.93 a	5.7 b	130.23 b	274.43 ab	33.93 ab	121.22 ab	1.02 ab
dms	21.91	6.35	3.06	79.05	161.22	20.99	22.57	0.63

dms: diferencia mínima significativa. Medias con la misma letra en cada variable y en cada factor, no son estadísticamente diferentes. (Tukey 0.05).

Para la variable altura de planta solamente la variedad Vernal registró mayor altura en la fecha 2, mientras que el resto de las variedades presentaron mayor altura en la fecha 1 (Figura 2a). La altura a la primera vaina registró un comportamiento variable dependiendo de la fecha de siembra, las variedades Huasteca 100, Huasteca 600, Vernal y Luziânia presentaron mayor altura a la primera vaina en la primera fecha, mientras que Huasteca 400, Huasteca 300 y Tamesí, la mayor altura la registraron en la segunda fecha de siembra (Figura 2b). Por otro lado, en el número de ramas por planta, solamente Huasteca 600 registró un aumento ligero en el número de ramas para la fecha 2, mientras que el resto de variedades presentó mayor número de ramas en la fecha 1 (Figura 2c). En cuanto al número de vainas por planta, todas las variedades registraron mayor número de vainas para la fecha 1; sin embargo, sobresalen las variedades Huasteca 200, Tamesí y Luziânia para la fecha 1 y para la fecha dos Huasteca 200, Huasteca 400 y Tamesí registran el mayor número de





vainas (Figura 2d). En la variable número de semillas por planta, todas las variedades arrojaron los registros más altos para la fecha 1, sobresaliendo Huasteca 200 (500 semillas/planta), Tamesí (450 semillas/planta) y Luziânia (400 semillas/planta); en cuanto a la fecha 2, las variedades que resaltan son Huasteca 200 y Huasteca 400 con 300 semillas por planta en promedio (Figura 2e). El peso de semillas fue diferente en cada variedad de acuerdo a la fecha de siembra, a excepción de Huasteca 400 y Huasteca 600 que reportaron mayor peso de semillas en la fecha 2; el resto de las variedades registraron mayor peso de semillas en la fecha 1, resaltando Tamesí, Luziânia y Huasteca 200 (Figura 2f); sin embargo, este peso se ve afectado por el número de semillas por planta, por lo que es necesario obtener el peso de 1,000 semillas, donde sobresale Tamesí y Huasteca 300, esta última baja el peso ligeramente en la fecha 2. Las variedades Huasteca 100, Huasteca 200, Huasteca 400 y Huasteca 600 registran mayor peso en esta variable, en la fecha 2 (Figura 2g). Finalmente, al estimar el rendimiento de las ocho variedades con respecto a las dos fechas evaluadas, se obtuvo que, Tamesí, Luziânia, Huasteca 200, Huasteca 300, Huasteca 100 y Vernal presentaron mejores rendimientos en la fecha 1, resaltando Tamesí. En la fecha 2 Huasteca 400 y Huasteca 600 mostraron mayores rendimientos en comparación con los reportados para la fecha 1; a pesar de ello Tamesí registra para la fecha 2 el mismo rendimiento que Huasteca 400 (Figura 2h).

Las variables agronómicas se vieron afectadas por las fechas de siembra en todos los materiales. De acuerdo con Maldonado y Ascencio (2012), la soya se ve afectada por efectos de fotoperiodo, lo que repercute en altura, número de ramas y semillas, y consecuentemente en el rendimiento. Por otro lado, Tosquy *et al.* (2006) sugieren que la densidad de siembra en condiciones de temporal, influye directamente en la respuesta al rendimiento, y que la densidad correcta dependerá del arquetipo de la planta, altura, tipo de crecimiento y su afectación al fotoperiodo, de esto dependerá la eficiencia en la producción de fotosintatos y por lo tanto en el rendimiento. En este caso, la fecha de siembra afectó directamente los rendimientos en Huasteca 100, Huasteca 200, Vernal, Tamesí, Luziânia y Huasteca 300, por lo que podría sugerirse que se vieron afectadas por el fotoperiodo, mientras Huasteca 600, Huasteca 400 no registraron afectación, lo cual coincide con lo que reportan Maldonado *et al.* (2010) para el caso de la variedad Huasteca 400, quienes recomiendan siembras del 15 de junio al 31 de julio.



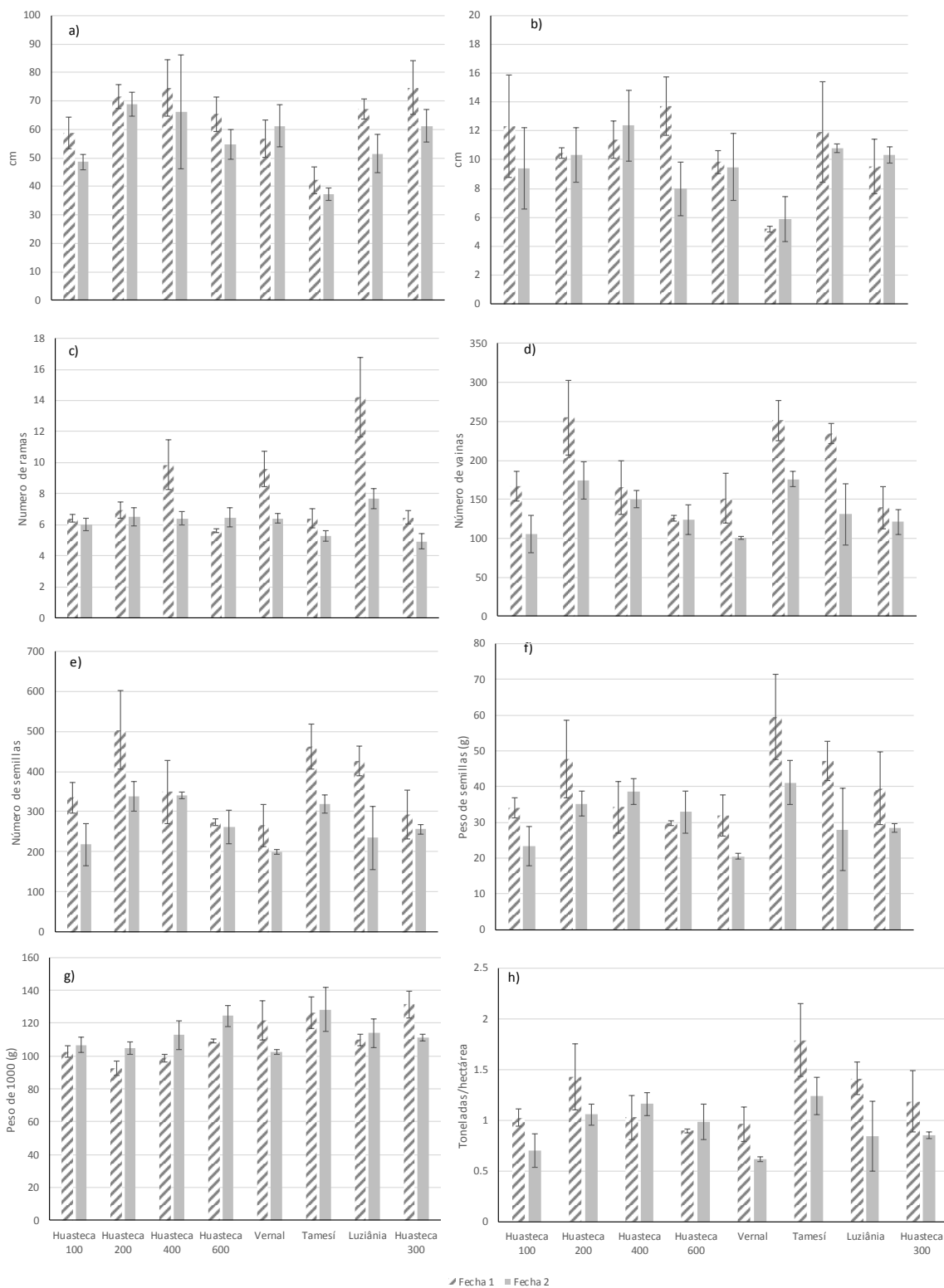


Figura 2. Comportamiento de variables respuesta en dos fechas de siembra y ocho variedades de soya. a) altura de planta, b) altura a primera vaina, c) número de ramas por planta, d) número de vainas por planta, e) número de semillas por planta, f) peso de semilla, g) peso de 1,000 semillas, h) rendimiento estimado.





En el caso de Huasteca 600 también presenta buenas características para la producción bajo las condiciones de temporal (Maldonado *et al.*, 2017). Una característica que es importante cuidar al seleccionar la variedad a producir, es la altura, el sistema de cultivo de soya, por lo general, es mecanizado, por lo que la altura al primer entrenudo repercute en el rendimiento, al producir mermas en campo (Tosquy *et al.*, 2010). En esta evaluación, la variedad con mejor rendimiento fue Tamesí, se vio afectada por la fecha de siembra, pero, superó al resto de variedades en las dos fechas; sin embargo, fue la variedad con menor altura en las dos fechas, lo que al realizar las actividades con maquinaria puede repercutir considerablemente. A pesar de que, en las variables número de vainas y número de semillas por planta, Huasteca 200 sobresale del resto, no fue la variedad con mejor rendimiento; lo anterior ha sido reportado en diversos ensayos (Maldonado *et al.*, 2010; 2012).

Conclusiones

1. Existe una respuesta diferente en cada una de las variedades y se ven influenciadas por la fecha de siembra; sin embargo, es necesario poder evaluar otros ciclos para definir que este comportamiento se presenta de forma constante bajo las condiciones climáticas de Yucatán.
2. En este ciclo evaluado, Tamesí fue la variedad con mayor rendimiento; sin embargo, Huasteca 200 y Huasteca 400 presentan mejores características para cultivos mecanizados.
3. De las fechas evaluadas, la que corresponde al 27 de junio arrojó los mejores resultados en todas las variables evaluadas.

Literatura citada

- Maldonado, M. N. y G. Ascencio L. 2012. Tamesí, nueva variedad de soya para el trópico húmedo de México. REMEXCA 3(8):1671-1677.
- Maldonado, M. N., G. Ascencio L. y H. R. Gill L. 2010. Huasteca 400, nueva variedad de soya para el sur de Tamaulipas, oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz. REMEXCA 1(5):687-692.





- Maldonado, M. N., G. Ascencio L. y J. C. García R. 2017. Huasteca 600: variedad de soya para el sur de Tamaulipas. REMEXCA 8(8):1897-1904.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016. Planeación agrícola nacional 2017-2030. Oleaginosas Canola, Cártamo, Girasol, Soya. http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256431/B_sico-Oleaginosas-parte_una.pdf [consultado el 19 de junio de 2018].
- SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. [consultado el 19 de junio de 2018].
- 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):47-53.
- Tosquy, V. H. O., V. A. Esqueda E., R. Zetina L. y G. Ascencio L. 2010. Densidad y distancia de siembra en dos variedades de soya de temporal en Veracruz, México. Agron. Mesoam. 21(1):63-72.





ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN EL ORIENTE DEL ESTADO DE CHIAPAS

Victorino Gómez Valenzuela^{16*}

Resumen

En la porción oriente de Chiapas se desarrollan actividades productivas de gran importancia; se cultivan especies vegetales de importancia agroindustrial entre las que se encuentran hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) y palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Esta última, aunque muy polémica desde la óptica ambientalista, mantiene interés y expectativa en los productores; sin embargo, se desconocen las áreas con mayor potencial productivo, considerando las características naturales de la zona; por ello se planteó su estudio y análisis desde la perspectiva edafoclimática, haciendo uso de la información existente y con el apoyo de la Metodología de Zonificación Agroecológica propuesta por la FAO, adaptada a México, y en particular al oriente del estado, para conocer la vocación ambiental natural para cultivar palma de aceite. Entre los resultados de este estudio destaca la identificación de una superficie de 61,991.4 ha, donde no existen restricciones de clima y suelo para el cultivo de palma y 235,021.7 ha, con cierto nivel de restricción; manejando adecuadamente los componentes edafológicos, es posible incrementar los rendimientos y la calidad de la producción, por lo que podría ampliarse la superficie cultivada. Derivado de lo anterior, se concluye que existen condiciones agroecológicas adecuadas para continuar cultivando esta oleaginosa, aprovechando el potencial productivo existente, y así contribuir a mejorar la planeación del desarrollo agrícola en la región.

Palabras clave: clima, suelo, niveles de aptitud

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste. Universidad Autónoma Chapingo. *vgomez62@hotmail.com.





Introducción

Actualmente, el estado de Chiapas ocupa el primer lugar en superficie cultivada con palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en México, al contar con 38,525 ha establecidas, que representan el 70% de la superficie total nacional. De acuerdo con el INIFAP, el estado de Chiapas cuenta con las condiciones agroclimáticas apropiadas para el establecimiento de más de 400,000 ha adicionales (Pérez y Platas, 2015).

Entre las oleaginosas, se ha demostrado que este cultivo es una de las alternativas más eficientes para satisfacer la demanda de aceites vegetales, por su alta productividad y por su gran versatilidad para elaborar cientos de productos comestibles y no comestibles.

El mejor desarrollo de la palma de aceite ocurre a bajas elevaciones, 0 a 500 m de altitud, aunque se han observado plantaciones en altitudes de hasta 1,500 m (Janick y Paull, 2008). La temperatura máxima óptima para el desarrollo del cultivo es de 28 a 34°C y la temperatura mínima de 21 a 24°C. La palma de aceite puede desarrollarse en un rango de precipitación de 650 a 5,000 mm anuales (en suelos de buen drenaje), pero la cantidad ideal de precipitación es de 2000 a 2500 mm/año distribuidos uniformemente y sin periodos de sequía (menos de 100 mm en el mes). Si se presenta un severo déficit de humedad (más de 200 mm al año) hay aborto de flores y tiende a predominar la floración masculina (Janick y Paull, 2008). Al ser la palma de aceite una planta de origen tropical, las condiciones óptimas se encuentran cerca del ecuador, con límites en los 17° de latitud norte o sur; sin embargo, existen plantaciones a los 18° de latitud norte y sur con rendimiento de 20 toneladas de fruta fresca por hectárea. Requiere de suelos profundos planos o ligeramente ondulados; pendientes mayores a 12% lo exponen a erosión y los costos de producción se incrementan por requerir más caminos, terrazas o curvas de nivel y se dificulta el manejo (Sandoval, 2011).

El suelo debe ser fértil con horizonte superficial de 80 a 120 cm de textura franco y subsuelo arcilloso pesado, que retenga humedad. Suelos con estas características abastecen de agua y nutrientes al cultivo, mientras que suelos someros poco profundos o drenajes deficientes reduce la capacidad de producción de la palma. Los suelos arenosos (texturas gruesas) no son recomendados ni los extremadamente arcillosos (Sandoval, 2011).





La palma de aceite es una especie susceptible a la sequía, pero hay diferencia entre variedades e híbridos, ya que algunos son más tolerantes a la falta de humedad que otros. En respuesta a la sequía, la palma de aceite reduce en las hojas el potencial hídrico y el contenido de agua, y además reduce el área foliar. La falta de agua en el cultivo disminuye el rendimiento porque hay aborto de las inflorescencias, se altera la diferenciación sexual, se producen más hojas masculinas que femeninas, se retarda la floración, hay aborto de racimos, se reduce el número de racimos, y algunos no llegan a madurar; además el rendimiento de fruto por planta también se reduce (Barrios *et al.*, 2000; Mhanhmad *et al.*, 2011).

De las 90,118 ha sembradas en México, hasta 2016, sólo 33.76% de la superficie se encuentra mecanizada, 58.03% cuenta con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, mientras que el 63.49% de la superficie sembrada con este cultivo cuenta con asistencia técnica. Por otro lado, 95.92% de la producción es de temporal (SAGARPA, 2017), lo que explica por qué hasta ahora se han utilizado tierras en donde los aportes de lluvia registran valores acordes al requerimiento hídrico del cultivo.

Materiales y métodos

La zona oriente de Chiapas comprende 15,556 km², representa el 19% del territorio estatal y está conformada por los municipios de Marqués de Comillas, Benemérito de las Américas, Ocosingo, Palenque, La Libertad y Catazajá (Figura 1).

En la zona de estudio predomina el clima cálido húmedo (81.21% de la superficie), y en pequeña proporción el semicálido subhúmedo (1.14% de la superficie), el cual se encuentra en el municipio de Ocosingo. Los rangos de temperatura varían de 22 a 24°C como mínima y de 26 a 28°C, en las máximas, observándose los valores más altos en los municipios de Benemérito de las Américas y Marqués de Comillas.

El oriente de Chiapas tiene rangos de precipitación desde 1,500 hasta 3,000 mm, predominando valores de 2,000 a 2,500, lo cual cumple con el requerimiento de lluvia de la palma de aceite, que va de 1,800 a 2,000 mm, presentándose la temporada de lluvias de mayo a noviembre.



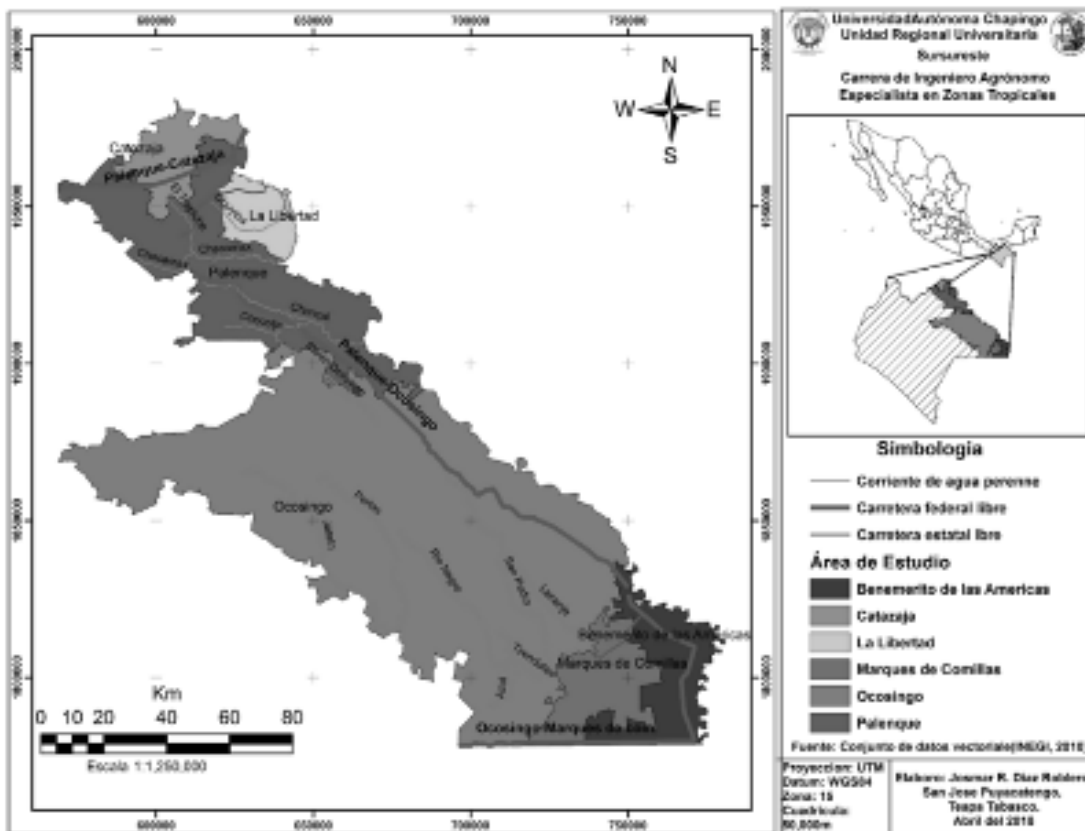


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el oriente del estado de Chiapas.

En los municipios de Catazajá, La Libertad, Palenque, Marqués de Comillas y Benemérito de las Américas predominan las planicies con elevaciones que van de 15 a 200 m, mientras que, en Ocosingo, se observa un terreno muy accidentado.

La provincia fisiográfica predominante en el área de estudio es la sierra de Chiapas y Guatemala, representando más del 80%, en menor proporción la llanura costera del Golfo sur, que ocupa únicamente dos municipios: Catazajá y La Libertad, que se caracterizan por suelos planos de poca pendiente.

Los tipos de suelo predominantes son: Nitosol: rojos, profundos y enriquecidos de arcilla y Rendzinas: someros, de poca profundidad y arcillosos. En menor proporción se encuentran suelos Vertisoles, con alto contenido de arcilla y Regosoles, con un alto contenido de materia orgánica.

Para la zonificación agroecológica se utilizó la metodología propuesta por la FAO (1997), adaptada a las condiciones de la República Mexicana (Pájaro y Ortiz, 1992) a la cual se le realizaron modificaciones.



Se utilizó cartografía de INEGI (2004) escala de 1:250,000 de los municipios mencionados, con la que se elaboró un mapa de ubicación. Se trabajó con el cultivo de palma de aceite con un nivel de inversión alto, que supone un enfoque de una agricultura mecanizada o comercial, y porque se trató de encontrar las mejores condiciones naturales para establecimiento del cultivo.

Se utilizó el mapa de suelos con la clasificación de INEGI (2004) y la metodología propone factores de ajuste por orden de importancia en cada categoría. En este punto se excluye la etapa de fases, debido a que no se cuenta con información cartográfica de las mismas y se consideró únicamente unidad de suelos, textura y pendiente.

Utilizando el mapa de clasificación agroclimática obtenido y por sobreposición se hace el ajuste por unidad de suelos, consultando la clasificación propuesta por la FAO con información de las diferentes unidades de suelo, con las categorías correspondientes de acuerdo con el cultivo y el nivel de inversión seleccionado.

Para el factor pendiente se establecen las siguientes categorías, acordes al grado de pendiente propuesto por Sandoval (2011) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías por pendiente del terreno.

Pendiente (%)	Condición	Ejemplo
0 a 12	Pendiente sin restricciones (S1, O), no se degrada	MA = MA
12 a 25	Con limitaciones (S2, 1) se degrada una clase	MA = A
>30	Pendiente no apta (NA)	NA

La palma de aceite se desarrolla adecuadamente en altitudes que van de los 0 a 500 m; debido a que la metodología no contempla este factor condicionante, se utilizó el mapa de altitudes para descartar zonas que superaban dicho rango.

Resultados y discusión

Clasificación por unidades climáticas. Se encontró que, por este factor, el área de estudio es apta para el cultivo de palma de aceite, ya que las temperaturas medias siempre se encuentran por encima de los 18°C, por lo que no existe restricción alguna. Con respecto a





los períodos de crecimiento, se encontraron tres categorías y no se presentaron áreas no aptas; la mayor parte de la superficie es apta (1'056,319.7 ha), seguido de las zonas muy aptas (497,651.3 ha), mientras que las zonas marginalmente aptas ocupan 3,165.2 ha de la superficie total (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles de aptitud del área de estudio para palma de aceite según la clasificación por períodos de crecimiento.

Nivel de aptitud	Superficie		
	km ²	ha	%
MA	4,976.5	497,651.3	32
A	10,563.2	1'056,320	67.8
mA	31.7	3,165.2	0.2
Totales	15,571.4	1'557,136	100

Clasificación por períodos de crecimiento. Se observa que por disponibilidad natural de humedad no existen restricciones para que la palma de aceite prospere y produzca adecuadamente en la zona de estudio.

Sin embargo, habrá que tener presente la duración de la época de sequía regional, así como el número de días en algunos meses, en donde no se reúna la cantidad necesaria de lluvia, pues este es un factor determinante en la producción de fruta en la palma de aceite y consecuentemente en su productividad.

Clasificación por unidades de suelo. Sólo en la porción noroeste, centro sureste y sureste del área de estudio se encuentran suelos adecuados para el cultivo de la palma de aceite; distribuidos a través del área se localizan suelos con alguna restricción para cultivar esta palma, mientras que en la mayor proporción del territorio, los suelos no son adecuados para establecer este cultivo, ya sea porque son inundables o presentar pendiente abrupta (Figura 2).



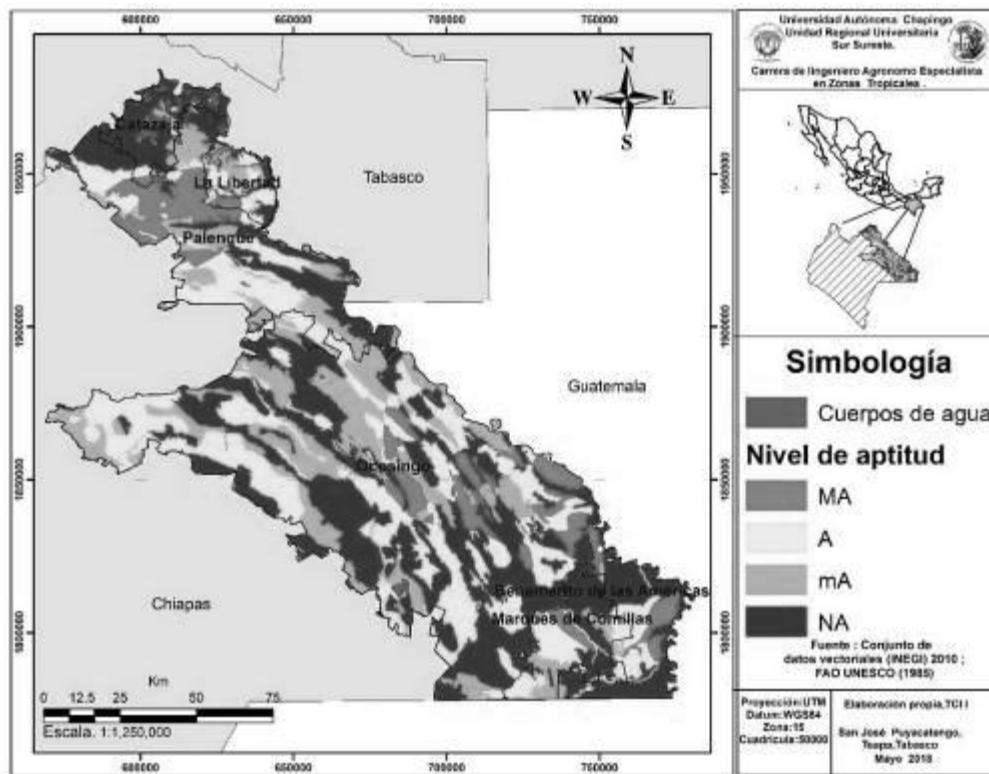


Figura 2. Clasificación por unidades de suelo en el oriente del estado de Chiapas.

El 10% del territorio corresponde a zonas muy aptas (MA), con presencia de suelos fértiles y profundos, características que los hacen adecuados para que se de un buen desarrollo de la palma de aceite. También se aprecia la existencia de aproximadamente 30% de zonas definidas como aptas, donde existen condiciones en las que se podría establecer el cultivo. Predominan las zonas no aptas (NA), con un 40% de la superficie total del área de estudio, donde existen suelos someros que no permiten el desarrollo del sistema radicular de la planta; además, son poco fértiles, lo que los hace aún menos aprovechables para establecer este cultivo (Figura 3).

En términos cuantitativos, 155,462.2 ha son suelos muy aptos para el cultivo de la palma de aceite, 450,871.3 ha son suelos aptos, 296,852.8 ha son marginalmente aptos, mientras que 614,058 ha (la mayor proporción territorial), son suelos no aptos para este cultivo.

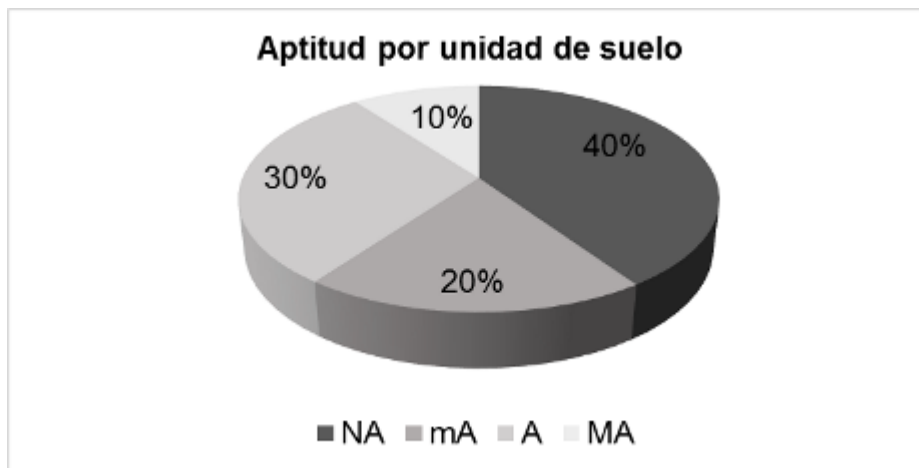


Figura 3. Aptitud de los suelos para el cultivo de palma de aceite en el oriente del estado de Chiapas.

Clasificación por texturas. De acuerdo con esta característica, sólo las porciones noroeste y centro sur, y en menor proporción el sureste del área de estudio presenta las mejores texturas para el cultivo de la palma de aceite, mientras que más de un tercio del área tiene suelos cuya textura no es adecuada para este cultivo. El componente textura degrada significativamente la aptitud de los suelos para este cultivo, incrementando la proporción no apta y reduciendo las clases apta y muy apta. La categoría muy apta ocupa 116, 210 ha, mientras que la categoría no apta ocupa 648,487 ha, lo que pone de manifiesto que la textura de los suelos de este territorio tiene fuertes limitantes para el cultivo de palma de aceite. Sólo una pequeña proporción del territorio mantiene aptitud alta, mientras que más de dos tercios del territorio no es apto para el cultivo de la palma de aceite.

Cuadro 3. Aptitudes de los suelos del oriente del estado de Chiapas para cultivo de palma de aceite de acuerdo a sus texturas.

Nivel de aptitud	Superficie		
	km ²	ha	%
MA	1,162.105	116,210	7.7
A	4,311.072	431,107	28.4
mA	3,214.412	321,441	21.2
NA	6,484.875	648,487	42.7
Total	15,172	1'517,246	100

Clasificación agroecológica de la palma de aceite. Al aplicar el conjunto de criterios antes señalados, se degradan, aunque ligeramente las categorías de aptitud, manteniendo un mosaico predominantemente no apto en el área de estudio y conservando solamente a las porciones noroccidental y centro oriental con la mayor aptitud para el cultivo de palma de aceite, lo que denota la importancia del factor suelo en la definición de aptitud para este cultivo (Figura 4).

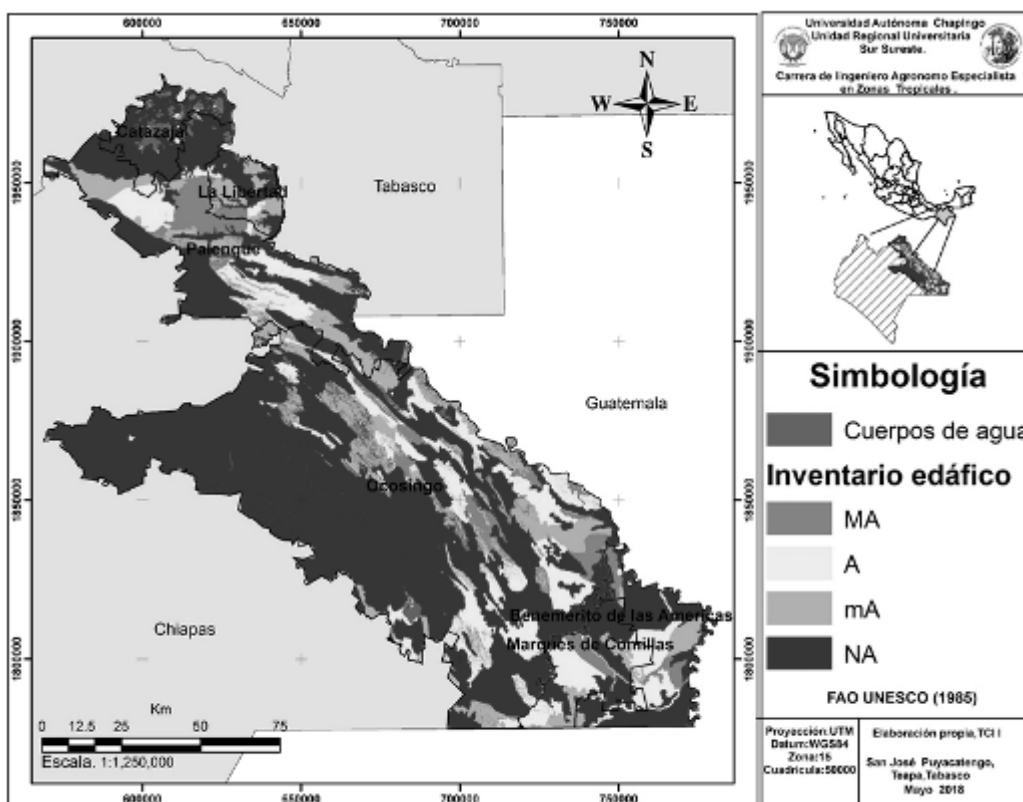


Figura 4. Clasificación agroecológica para cultivo de palma de aceite en el oriente del estado de Chiapas.

El estudio clasificó y cuantificó 61,991.4 ha como zonas muy aptas, en donde se tienen las mejores condiciones climáticas y edáficas para el cultivo de referencia; estas áreas están ubicadas en su mayor parte en el municipio de Palenque, pero sólo representan el 4% de la superficie total del área de estudio. Aun así, se tiene que el potencial edafoclimático para el cultivo de esta palma es de alrededor de 62,000 ha, y que, de acuerdo a la estimación que se tiene respecto a la superficie establecida, existe el doble susceptible de aprovechamiento



para este cultivo. Se encontró que alrededor de 235,000 ha se clasifican como zonas aptas; en estas áreas podría establecerse el cultivo de palma y no tendría muchas limitaciones, pero no cumple estrictamente con los requerimientos del cultivo. En este caso, las zonas aptas representan el 15.5% y eventualmente podrían acercarse en producción a las zonas muy aptas si se atienden las limitaciones edáficas que presentan. La clasificación marginalmente apta representa un 14.6% (221,228 ha), en donde las condiciones edáficas presentan limitaciones que podrían mejorarse con manejo. Si se establece el cultivo, puede prosperar, pero difícilmente será productivamente similar a las clases aptas y muy aptas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Niveles de aptitud para el cultivo de palma de aceite en el oriente del estado de Chiapas.

Nivel de aptitud	Superficie		
	km ²	ha	%
MA	620	61,991.4	4.1
A	2,350	235,021.7	15.5
mA	2,212	221,228.7	14.6
NA	9,990	999,004.5	65.8
Total	15,172	1'517,246	100

Conclusiones

1. Por condiciones agroclimáticas no se presentan limitaciones para el cultivo de palma de aceite en el oriente del estado de Chiapas, ya que las temperaturas son mayores a 18 °C, consideradas óptimas para el desarrollo del cultivo; de igual modo, la precipitación cumple con las necesidades hídricas de éste. 2. Las unidades de suelo, así como su textura, son la principal limitante debido a que éstas son gruesas; en las laderas, poco profundas, pedregosas, con bajo contenido de MO, o muy arcillosas e inundables, como sucede en las planicies aledañas al Golfo de México. 3. Se encontraron 61,000 ha (4%) muy aptas, ubicadas en mayor proporción en el municipio de Palenque, 235,000 ha (15%) aptas, 221,000 ha (15%) marginalmente aptas, y en mayor proporción zonas no aptas, cuya





extensión es de 999,000 ha (66%); la mayor proporción del área de estudio tiene esta última condición.

Agradecimientos

A los palmicultores, que sin ningún interés proporcionaron experiencias e información acerca de sus plantaciones. Asociaciones de palmicultores e instituciones educativas y oficiales por las facilidades para la realización del presente trabajo. Sr. Erasmo Humberto Ramírez Figueroa, productor y presidente de la Sociedad Cooperativa de Palmeros Unidos con el Valle de Tulijá, S. C. de R. L. de C. V. Ing. Jorge Luis Reyna, Secretaría del Campo Delegación VI Selva Palenque, Chiapas. Dra. Arely Bautista Gálvez, Profesora de la Escuela Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas. MC. Héctor Cano Ascencio, técnico y asesor profesional del desarrollo agrícola en la zona de estudio. MC. Humberto Sánchez Bolón, gerente técnico de la empresa Oleopalma, Agroindustrias de Palenque S. A. de C. V. Sra. Otilia Jiménez Silvano, productora de palma de aceite y representante del grupo de palmeros del ejido Nueva Esperanza, Palenque, Chiapas. Sr. Fausto Arcos Ruiz, palmicultor y presidente de la Sociedad de Palmeros Chancalá, Rio Seco, Palenque, Chiapas.

Literatura citada

- Barrios, R., D. Molina, F. Barreto y J. Bastardo. 2000. Sintomatología asociada a déficit hídrico en plantaciones comerciales de palma aceitera en el estado Monagas. Fonaiap Divulga 68:27-29.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1997. Zonificación agro-ecológica. Guía general. Boletín de Suelos de la FAO 73. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.





- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafología. <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf>
- Janick, J. and R. E. Paull (eds.). 2008. The encyclopedia of fruit and nuts. http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.fitoica.com/ContentPages/2476053199.pdf
- Mhanhmad S., P. Leewanich, V. Punsuvon, S. Chanprame and P. Srinives. 2011. Seasonal effects on bunch components and fatty acid composition in Dura oil palm (*Elaeis guineensis*). Afr. J. Agric. Res. 6(7):1835-1843,
- Pájaro, H. D. y C. A. Ortiz S. 1992. Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la República Mexicana. <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rga-1717.pdf>
- Pérez, H. F. S. y D. Platas G. 2015. Palma de aceite en Chiapas. Ensayo.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Potencial palma de aceite. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257081/.pdf>
- Sandoval, E. A. 2011. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de México: Trópico húmedo 2011. Paquete tecnológico palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Establecimiento y mantenimiento. Campo Experimental Rosario Izapa. CIRPAS. INIFAP. Tuxtla Chico, Chis., México. 21 p.





ETAPAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE TRES VARIEDADES DE FRIJOL EN EL NORTE DE VERACRUZ

José Raúl Rodríguez Rodríguez^{17*}, Francisco Javier Ibarra Pérez¹⁸, Oscar Hugo Tosquy Valle¹⁸ y Ernesto López Salinas¹⁸

Resumen

Durante el ciclo de cualquier cultivo existen cambios morfológicos y fisiológicos que identifican las diferentes etapas de su desarrollo; esto permite referir a ellas las observaciones que se hagan y la realización de las diferentes prácticas agronómicas, durante el crecimiento. En el caso del frijol, los factores que afectan la duración de las etapas son: el genotipo, fecha de siembra, fertilidad de suelo, condiciones climatológicas, entre otros. El objetivo del presente trabajo fue registrar y comparar el número de días después de la siembra en que ocurren las diferentes etapas de desarrollo en tres variedades de frijol, durante dos ciclos de cultivo otoño-invierno e invierno-primavera en el Campo Experimental Ixtacuaco, en el norte de Veracruz. Se evaluaron los genotipos de frijol Verdín, Negro Jamapa y T39; los tres son de crecimiento indeterminado arbustivo (tipo II), de grano negro opaco y pequeño; se sembraron en una superficie de 150 m² cada uno; se hicieron cuatro muestreos de 12 m², en cada cultivar. Se registró el número de días después de la siembra en que en el 50% de las plantas de cada variedad alcanzaron las siguientes etapas tanto en la fase vegetativa como en la reproductiva. En la primera fase se consideraron como variables de respuesta la germinación, emergencia, aparición de hojas primarias, la 1^a hoja trifoliada y 3^a hoja trifoliada; para la fase reproductiva fueron: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y madurez fisiológica. También se cuantificaron las variables explicativas de precipitación pluvial (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%). Las variables de respuesta cuantificadas se analizaron utilizando un diseño experimental completamente al azar; para la comparación de medias se utilizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS, 0.05). Los resultados detectaron una variación mínima entre

¹⁷Campo Experimental Ixtacuaco. CIRGOC. INIFAP. *rodriguez.jose@inifap.gob.mx

¹⁸ ²Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.





variedades para las etapas evaluadas durante la fase vegetativa, sólo se encontró diferencia para la emergencia, tanto entre variedades como entre ciclos; en invierno-primavera ocurrió menor precipitación pluvial y hubo mayor temperatura, condiciones que provocaron una reducción de cinco días en la madurez. La variedad Verdín presentó la mayor precocidad en ambos ciclos para todas las variables, particularmente en la fase reproductiva.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, fases vegetativa y reproductiva

Introducción

Durante el desarrollo del frijol se presentan cambios en las características morfológicas, dependiendo del estado fisiológico en que se encuentre dicha planta, con los cuales se pueden identificar las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo que ocurren durante la vida del cultivo; estos cambios acontecen a cierto ritmo (Escalante y Kohashi-Shibata, 1993; Rodríguez, 1998). Lo anterior permite relacionar los datos y observaciones que se realicen en los diferentes estados fisiológicos de la planta, así como llevar a cabo las diferentes prácticas agronómicas que se deben realizar oportunamente, de acuerdo al crecimiento y desarrollo del cultivo; además, la información generada ofrecerá un mejor entendimiento del comportamiento de cultivares al compararlos con datos procedentes de varios sitios. En otras palabras, se debe saber que el crecimiento es un evento cuantitativo, que puede ser medido con base en algunos parámetros, como anchura, longitud, acumulación de materia seca, etc., mientras que el desarrollo es un fenómeno cualitativo, que se refiere a procesos de diferenciación en la planta o de cambios estructurales conformados por una serie de procesos sucesivos, por ejemplo, la aparición de botones florales, que marca el cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva de la planta (Fernández *et al.*, 1985; Fageria y Santos, 2008). Existen factores que afectan la fenología y la duración de las etapas de desarrollo del frijol, como el genotipo (hábito de crecimiento y precocidad), fecha de siembra, fertilidad y características físicas del suelo, condiciones climatológicas (fotoperiodo, temperatura, precipitación pluvial, etc.) (Rosales-Serna *et al.*, 2001; Labuda y Brodaczewska, 2007; Boros *et al.*, 2014). El conocer la fenología de una especie vegetal, permite determinar sus





necesidades climáticas en función de la etapa de crecimiento en que se encuentre en determinado momento. El comportamiento de cada especie está dado por las interacciones que se establecen entre sus características propias y la influencia que reciba de las condiciones ambientales (Debouck e Hidalgo, 1985; Yoldas y Esiyok, 2009; Hernández *et al.*, 2010). Por ejemplo, si un cultivar se siembra en la misma fecha en localidades con diferentes condiciones climáticas, las plantas tendrán diferente ritmo de desarrollo a pesar de tener la misma edad biológica, una puede estar en prefloración y otra en plena floración, por eso es preferible valorar el comportamiento agronómico de un cultivar con base en etapas fenológicas, que en edad cronológica. En el desarrollo del frijol se han identificado diferentes etapas, las cuales están delimitadas por aspectos importantes del estado fisiológico. En la fase vegetativa son cinco etapas principales: germinación, emergencia, aparición de hojas primarias, 1^a hoja trifoliada y 3^a hoja trifoliada; cuando sucede esta última etapa, generalmente la primera rama ya ha formado el primer nudo, de esta forma continúa el desarrollo de otras ramas en el tallo, así como otras hojas trifoliadas. Alrededor de la sexta hoja trifoliada se desarrolla el primer racimo; termina aquí la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta, en la cual, también ocurren cinco etapas: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y madurez fisiológica; en esta última etapa termina el ciclo biológico (White, 1991; White e Izquierdo, 1989; Rosas, 2003). Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el número de días después de la siembra en que ocurren las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo en tres variedades de frijol sembradas en los ciclos de cultivo invierno-primavera y otoño-invierno en el norte del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

Los experimentos se sembraron en el Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, en el norte de Veracruz, a 20° 02' latitud norte y 97° 05' longitud oeste, a una altitud de 92 m, con clima cálido húmedo Af(m)(e), precipitación pluvial anual de 1,743 mm y temperatura media de 24.0°C (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006). El suelo del sitio experimental es de textura migajón-arenosa, con pH ligeramente ácido, medianamente pobre en materia orgánica, alto





en nitrógeno y fósforo, mediano en potasio y calcio intercambiables, bajo en magnesio, con niveles adecuados de hierro, cobre y manganeso y marginal en contenido de zinc.

Un experimento se sembró en el ciclo invierno-primavera (febrero-mayo de 2015), y el otro en el ciclo otoño-invierno (octubre-enero 2015-2016). Se evaluaron las variedades mejoradas de frijol Verdín, Negro Jamapa y T39, las tres de hábito de crecimiento indeterminado-arbustivo (tipo II), de grano negro, opaco y pequeño (Singh, 1982; Voysest, 2000). Se fertilizó en la etapa de hojas primarias con la fórmula 40-40-00, utilizando urea (46-00-00) como fuente nitrogenada y DAP (fosfato diamónico grado 18-46-00) como fuente nitro-fosfatada (López *et al.*, 1994). Se realizaron dos escardas con azadón. Se presentaron las doradillas (*Diabrotica* sp.) y chicharritas (*Empoasca kraemerii*), plagas que se controlaron con un insecticida formulado con cipermetrina en dosis de 200 mL/ha; en esta aplicación se agregó el fertilizante foliar inorgánico Bayfolan con N-P-K y elementos menores, a razón de 2 L/ha. Cada cultivar se sembró en una superficie de 150 m² (10 surcos de 25 m de longitud x 0.6 m de separación); se hicieron cuatro muestreos (los cuales se tomaron como repeticiones) cada uno de 12 m² (dos surcos de 10 m de longitud) por genotipo. Se registraron las variables de respuesta de días después de la siembra en que en el 50% de las plantas de cada variedad ocurrieron las siguientes etapas: en la fase vegetativa: germinación (V0), emergencia (V1), hojas primarias (V2), 1^a hoja trifoliada (V3) y 3^a hoja trifoliada (V4); en la fase reproductiva: prefloración (R5), floración (R6), formación de vainas (R7), llenado de vainas (R8) y madurez (R9). También se cuantificaron las variables explicativas de precipitación pluvial (mm) directa del ensayo, la temperatura (°C), y la humedad relativa (%) durante el ciclo del cultivo. Las variables de respuesta entre genotipos y entre ciclos se analizaron en un diseño experimental completamente al azar, con el paquete la UANL versión 2.5, y para la separación de medias se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa (0.05) (Olivares, 1994).

Resultados y discusión

En el ciclo de invierno-primavera de 2015 se acumuló una precipitación pluvial total de 275.89 mm, de los cuales 97.43 mm cayeron en la etapa vegetativa, 65.51 mm en





prefloración y floración, 100.16 mm en la formación y llenado de vainas, y el resto (12.79 mm), después de la madurez. En el ciclo otoño-invierno de 2015-2016, la precipitación pluvial total fue de 343.54 mm; en la etapa vegetativa cayeron 166.04 mm, 78.36 mm en prefloración y floración, 81.37 mm en formación y llenado de vainas, y 17.77 mm después de la madurez. La temperatura media durante la conducción de los ensayos fue de 24.37°C en el ciclo invierno-primavera y 22.39°C en el ciclo otoño-invierno, con una humedad relativa de 74.91%, y 82.07%, respectivamente (Cuadro 1) (WWO, 2013). Tanto la temperatura como la lluvia en el ciclo otoño-invierno proporcionaron condiciones favorables para un buen crecimiento y desarrollo del frijol, ya que se requieren de 300 a 500 mm de precipitación pluvial bien distribuidos durante el ciclo y una temperatura media entre 18 y 24°C (Rosas, 2003). En el ciclo invierno-primavera no se alcanzó la precipitación pluvial total requerida, pero la lluvia desde prefloración hasta formación y llenado de vainas estuvo dentro del rango señalado (Ruíz-Corral *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Precipitación pluvial (mm) y temperatura (°C) del cultivo del frijol en dos ciclos de siembra. I-P 2015 y O-I 2015-216. Campo Experimental Ixtacuaco. Tlapacoyan, Veracruz.

Ciclos	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
Invierno-Primavera (I-P)	275.89	24.37	74.91
Otoño-Invierno (O-I)	343.54	22.39	82.07

Respecto a las variedades de frijol, en el Cuadro 2, todas las etapas de la fase vegetativa fueron estadísticamente similares entre ellas, sólo hubo diferencias en la emergencia; la variedad Verdín fue estadísticamente igual a Negro Jamapa, pero emergió un día antes que T-39, ya que algunos cultivares son más eficientes en el uso de sus reservas seminales (Celis-Velázquez *et al.*, 2010). Verdín tiene mayor peso de grano que T-39 y Negro Jamapa (Tosquy-Valle *et al.*, 2016b), pero la biomasa, anchura, longitud y peso del grano no tienen relación directa con la germinación y emergencia, lo cual depende de las características fisiológicas y bioquímicas y de la respuesta a factores externos, como a la temperatura, el agua, etc. (Rodríguez-Lima *et al.*, 2005; Peña-Valdivia *et al.*, 2013; Morales-Santos *et al.*, 2017). Entre los ciclos de cultivo (I-P y O-I) evaluados en este estudio se detectó una variación mínima para llegar a las diferentes etapas durante la fase vegetativa; sólo existieron diferencias para la emergencia (V1) de las plántulas, siendo casi tres días menos



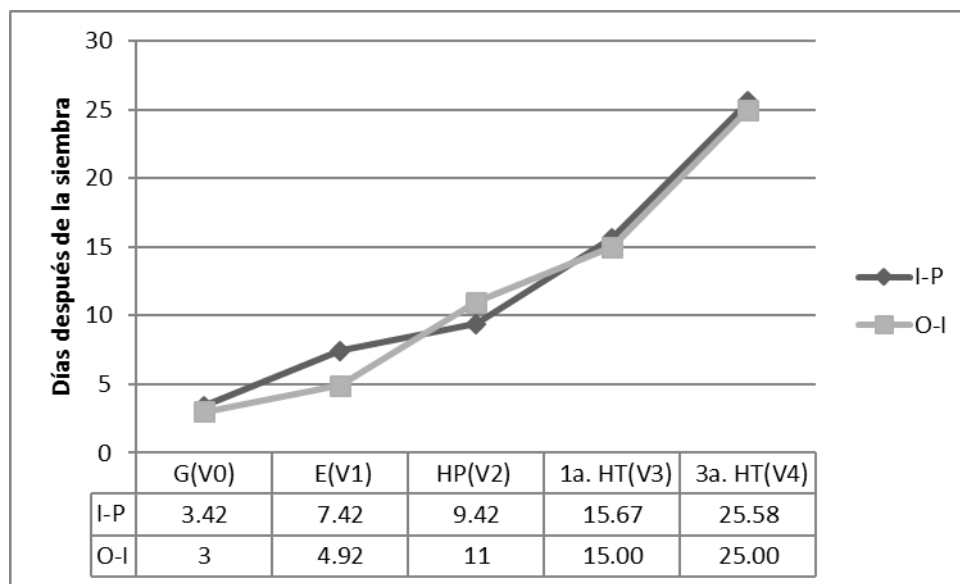


en el ciclo otoño-invierno (Figura 1); lo anterior, pudo deberse a que en este ciclo hubo mayor precipitación pluvial en los primeros días después de la siembra, lo cual proporcionó una humedad óptima en el suelo, y provocó que la semilla germinara y emergiera más rápido (Ventura, 1991; Rosas, 2003).

Cuadro 2. Número de días después de la siembra de las diferentes etapas vegetativas en tres variedades de frijol, en dos ciclos de cultivo (I-P 2015 y O-I 2015-2016). Campo Experimental Ixtacuaco. Tlapacoyan, Veracruz.

Variedades	G ^(V0)	E ^(V1)	HP ^(V2)	1 ^a HT ^(V3)	3 ^a HT ^(V4)
Verdín	3.42a	5.75a	9.62a	14.87a	24.50a
T-39	3.50a	6.62b	10.37a	15.50a	25.62a
Negro Jamapa	3.12a	6.12ab	10.62a	15.62a	25.75a
Promedio	3.34	6.16	10.20	15.33	25.29
ANVA	NS	**	NS	NS	NS
DMS (0.05)	--	0.761	--	--	--

G^(V0) = Germinación; E^(V1) = Emergencia; HP^(V2) = Hojas primarias; 1^a HT^(V3) = 1^a Hoja trifoliada; 3^a HT^(V4) = Tercera hoja trifoliada.



G^(V0) = Germinación; E^(V1) = Emergencia; HP^(V2) = Hojas primarias; 1^a HT^(V3) = 1^a Hoja trifoliada; 3^a HT^(V4) = Tercera hoja trifoliada

Figura 1. Promedio del número de días después de la siembra en que ocurrieron las diferentes etapas vegetativas del frijol en dos ciclos de cultivo I-P 2015 y O-I 2015-2016 en el Campo Experimental Ixtacuaco.





En el período reproductivo es cuando se hizo más notoria la diferencia entre los cultivares de frijol evaluados (Rodríguez, 1998; Zilio *et al.*, 2013); la variedad Verdín presentó menor número de días que Negro Jamapa y T-39 en alcanzar todas las etapas durante esta fase reproductiva (Cuadro 3); Verdín ha sido previamente identificada como una variedad precoz (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2015; Tosquy-Valle *et al.*, 2016a; Tosquy-Valle *et al.*, 2016b), y esta característica es uno de los factores que más influyen en la duración de las etapas de desarrollo (Fernández *et al.*, 1985).

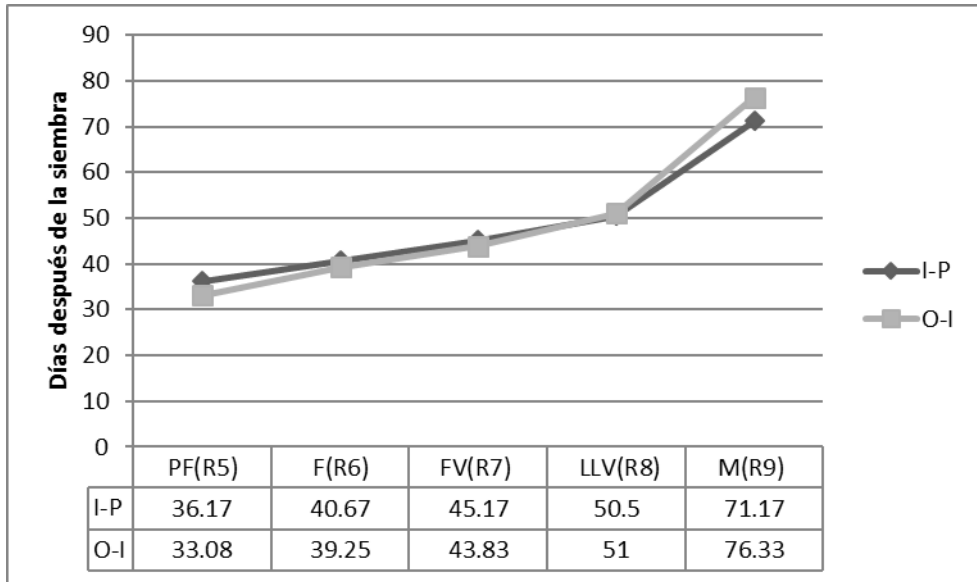
Cuadro 3. Número de días después de la siembra en que ocurrieron las diferentes etapas reproductivas en tres variedades de frijol, en dos ciclos de cultivo (I-P 2015 y O-I 2015-2016). Campo Experimental Ixtacuaco. Tlapacoyan, Veracruz.

Variedades	PF ^(R5)	F ^(R6)	FV ^(R7)	LLV ^(R8)	M ^(R9)
Verdín	31.62a	36.62a	40.62a	47.75a	69.50a
T-39	35.75b	41.25b	46.25b	52.00b	75.50b
Negro Jamapa	36.50b	42.00b	46.62b	52.50b	76.25b
Promedio	34.62	39.95	44.49	50.75	73.75
ANVA	**	**	**	**	**
DMS (0.05)	1.915	1.913	1.582	2.635	0.882

PF^(R5) = Prefloración; F^(R6) = Floración; FV^(R7) = Formación de vainas; LLV^(R8) = Llenado de vainas; M^(R9) = Madurez fisiológica.

En la Figura 2, se indican las diferentes etapas en la fase reproductiva del frijol durante los dos ciclos de cultivo. En el ciclo invierno-primavera las plantas de frijol necesitaron ligeramente mayor número de días para iniciar las fases de prefloración (R5) y formación de vainas (R7), pero tuvieron comportamiento similar entre ciclos en llegar a la floración (R6) y al llenado de vainas (R8). La madurez fisiológica (R9) se alcanzó cinco días antes en el ciclo I-P en comparación con O-I; esto se debe a que en el primer ciclo se presenta regularmente menor precipitación pluvial y existe la tendencia a tener mayor temperatura, particularmente hacia la parte final del cultivo (Labuda y Brodaczewska, 2007; Yoldas y Esiyok, 2009; WWO, 2013). Aun cuando las plantas de frijol entran a la fase reproductiva se continúan produciendo estructuras vegetativas, pero con menor intensidad, por lo que ambas fases, vegetativa y reproductiva se traslapan y ocurren al mismo tiempo; sin embargo, al momento que aparecen los primeros botones florales, la planta ha formado la mayor parte de la estructura vegetativa que requiere para iniciar la fase reproductiva (Hernández *et al.*, 2010).





PF^(R5) = Prefloración; F^(R6) = Floración; FV^(R7) = Formación de vainas; LLV^(R8) = Llenado de vainas; M^(R9) = Madurez fisiológica.

Figura 2. Promedio del número de días después de la siembra de las diferentes etapas reproductivas del frijol en dos ciclos de cultivo (I-P 2015 y O-I 2015-2016) en el Campo Experimental Ixtacuaco.

Conclusiones

1. Se detectó muy poca variación entre las variedades de frijol evaluadas para el número de días en alcanzar las diferentes etapas vegetativas; sólo se encontraron diferencias para la emergencia, tanto entre variedades como entre ciclos de cultivo. 2. En el ciclo invierno-primavera existió menor precipitación pluvial y mayor temperatura, lo cual ocasionó que la madurez fisiológica se alcanzara cinco días antes que lo obtenido en ciclo otoño-invierno. 3. En la fase vegetativa, la variedad Verdín, requirió menor número de días para llegar a la emergencia; así mismo, en la fase reproductiva, Verdín presentó el menor número de días para llegar a todas las etapas de crecimiento y desarrollo debido a su precocidad, que es una característica que modifica la duración de las etapas.



Literatura citada

- Boros, L., A. Wawer and K. Borucka. 2014. Morphological, phenological and agronomical characterization of variability among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) local populations from the National Centre for Plant Genetic Resources: Polish Genebank. *J. Hort. Res.* 22(2):123-130.
- Celis-Velázquez, R., C. Peña-Valdivia, M. Luna-Cavazos y J. R. Aguirre R. 2010. Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 27:61-87.
- Debouck, G. D. y R. Hidalgo. 1985. Morfología de la planta de frijol común. p. 7-42. *In:* López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- 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.
- Escalante, J. A. y J. Kohashi-Shibata 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- Fageria, N. K. and A. B. Santos. 2008. Yield physiology of dry bean. *J. Plant Nutr.* 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. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130 p.





- Hernández, L., N. Hernández, F. Soto y M. A. Pino. 2010. Estudio fenológico preliminar de seis cultivares de habichuela de la especie *Phaseolus vulgaris* L. Cult. Trop. 31(1):54-61.
- Labuda, H. and A. Brodaczewska. 2007. The influence of environmental factors on flowering of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Acta Agrobot. 60(2):153-159.
- 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. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- Morales-Santos, M. E., C. B. Peña-Valdivia, A. García-Esteva, G. Aguilar-Benítez y J. Kohashi-Shibata. 2017. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. Agrociencia 51(1):43-62.
- 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.
- Peña-Valdivia, C. B., C. Trejo, R. Celis-Velázquez y A. López O. 2013. Reacción del frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris* L.) a la profundidad de siembra. REMEXCA 4(1):89-102.
- Rodrigues-Lima, E., A. Silva, A. Araujo and M. Grandi. 2005. Effects of the size sown seed on growth and yield of common bean cultivars of different seed sizes. Braz. J. Plant Physiol. 17(3):273-281.
- Rodríguez, R. J. R. 1998. Desarrollo y producción de frijol en Tlapacoyan, Ver. p. 168-169. In: Memoria de la XI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Veracruz, Ver.
- Rodríguez-Rodríguez, J. R., O. H. Tosquy-Valle y E. López-Salinas. 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 de Mora, Edo de Méx., México.
- Rosales-Serna R., R. Ochoa-Márquez y J. A. Acosta-Gallegos. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. Agrociencia 35(5):513-523.





- Rosas, J. C. 2003. El cultivo del frijol común en América tropical. 2a. ed. Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano Honduras. Imprenta Litocom. Tegucigalpa, Honduras. 57 p.
- Ruíz-Corral, J. A., G. Medina, I. González, H. Flores, G. Ramírez, C. Ortiz *et al.* 2013. Requerimientos agroecológicos de los cultivos. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.
- Singh, S. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. Ann Rep. Bean Improv. Coop. 25:92-95.
- Tosquy-Valle, O. H., E. López-Salinas, B. Villar-Sánchez, J. A. Acosta-Gallegos y J. R. Rodríguez-Rodríguez. 2016a. Verdín: variedad de frijol negro tolerante a sequía terminal para Veracruz y Chiapas, México. REMEXCA 7(7):1775-1780.
- Tosquy-Valle, O. H., E. López-Salinas, B. Villar S., F. J. Ibarra P., J. R. Rodríguez-Rodríguez, J. A. Acosta-Gallegos *et al.* 2016b). Verdín: variedad de frijol negro precoz y tolerante a la sequía para Veracruz y Chiapas, México. Folleto Técnico No. 86. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver., México. 36 p.
- Ventura, R. 1991. Fenología y fenometría de una variedad y una línea de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la zona Occidental de El Salvador. Agron. Mesoam. 2:56-60.
- Voyses, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de frijol de América Latina 1930-1999. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 195 p.
- White, J. 1991. Conceptos básicos en fisiología de frijol. p. 43-60. *In*: López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds.). Frijol: Investigación y Producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- White, J, H. and J. Izquierdo. 1989. Dry bean: Physiology of yield potential and stress tolerance. Centro Internacional de Agricultura Tropical. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean. Santiago, Chile. 81 p.
- WWO (World Weather Online). 2013. Martínez de la Torre Historical Weather, México. <http://www.worldweatheronline.com/martinez-de-la-torre-weather-history/Veracruz-llave/mx.aspx> [consultado el 17 de mayo de 2018].





- Yoldas, F. and D. Esiyok. 2009. The influence of temperature on growth and yield of green beans for processing. *Int. J. Agric. Res.* 4(3):123-130.
- Zilio M., C. Souza, C. Coelho, D. Miquelluti and A. Michels. 2013. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. *Acta Sci. Agron.* 35(1):21-30.





EFICIENCIA PRODUCTIVA DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN EL NORTE DE VERACRUZ

José Raúl Rodríguez Rodríguez^{19*}, Oscar Hugo Tosquy Valle²⁰, Ernesto López Salinas²⁰ y Francisco Javier Ibarra Pérez²⁰

Resumen

El mejoramiento de frijol se ha enfocado principalmente en desarrollar variedades de alto rendimiento. Para identificar estos cultivares, el mejoramiento genético se ha basado en métodos tradicionales, que requieren evaluar un alto número de genotipos, con el fin de incrementar las probabilidades de seleccionar a individuos que expresen un comportamiento superior; los factores limitantes del frijol hacen necesario contar con variedades, que sean tolerantes o resistentes al estrés causado por factores bióticos (enfermedades, plagas) y abióticos (sequía, acidez del suelo, alta y baja temperatura, etc.), además es deseable que tengan alta acumulación de biomasa, una eficiente distribución de fotosintatos, y adaptabilidad a los diversos ambientes en que se cultiva esta leguminosa. El objetivo de este trabajo fue determinar la madurez fisiológica y la eficiencia productiva de cuatro líneas recombinantes de frijol negro y opaco (seleccionadas por su amplia adaptación, tolerancia a sequía, a suelos ácidos y a enfermedades) además se agregaron las variedades mejoradas Negro Comapa y Negro Jamapa. En noviembre de 2017 se estableció un módulo de validación con los seis genotipos, los cuales se sembraron en parcelas de seis surcos de 12 m de longitud, separados a 0.60 m. En cada genotipo se seleccionaron tres áreas de 3 m² cada una, en las que se cuantificaron las siguientes variables de respuesta: días a floración media, días a madurez fisiológica, número de plantas cosechadas, rendimiento de grano en kg/ha, rendimiento de grano en g/pl y rendimiento de grano en g/pl/día. Como variables explicativas se registraron la precipitación pluvial (mm) y la temperatura media (°C). Las variables de respuesta cuantificadas se analizaron en diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, considerando cada valor obtenidos en las áreas muestreadas como una

¹⁹Campo Experimental Ixtacuaco. CIRGOC. INIFAP. *rodriguez.jose@inifap.gob.mx

²⁰Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.





repetición. Para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 0.05. La línea Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 tuvo el menor número de días en llegar a la madurez fisiológica, y el mayor rendimiento de grano por hectárea; a su vez, la variedad Negro Jamapa, obtuvo el mayor rendimiento por planta y la mayor eficiencia en la producción de grano por día.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, fenología, rendimiento por planta, rendimiento por día

Introducción

La diversidad de factores limitantes de la producción de frijol hace necesario disponer de variedades mejoradas, que contribuyan a aumentar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo, y que tengan adaptación a los diversos ambientes en que se cultiva esta leguminosa, ya que generalmente, ésta se desarrolla con baja disponibilidad de insumos agroquímicos y energéticos, por lo que es más vulnerable al estrés causado por factores bióticos y abióticos (Lamz *et al.*, 2017).

En general, algunos programas de mejoramiento genético buscan obtener materiales de frijol que tengan tolerancia a la sequía, sobre todo en lugares donde la escasez de agua limita la producción de frijol; sin embargo, no sólo es necesario identificar materiales que sean tolerantes a este factor, sino también se necesita conocer los mecanismos que la determinan, para identificar la diversidad de condiciones en que se presenta la sequía. Otro aspecto importante es el daño provocado por la acción de otros factores como la acidez del suelo, las enfermedades causadas por virus y hongos, las cuales en ocasiones no son causadas por un solo organismo, sino por un conjunto de ellos; es decir, los daños causados al frijol por la intervención de dos o más patógenos es mayor que los daños individuales. Este problema se hace más grave, debido a la siembra de variedades criollas susceptibles a enfermedades y al empleo de semilla producida por los mismos agricultores, que, en la mayoría de los casos, no reúne los parámetros de calidad requeridos (Rodríguez *et al.*, 2009; Beebe *et al.*, 2014; Alemu, 2017).





El mejoramiento del cultivo de frijol se ha enfocado principalmente a desarrollar variedades con alto rendimiento. Para identificar estos cultivares, se han utilizado métodos tradicionales que requieren de la evaluación de un alto número de genotipos, con el fin de incrementar las probabilidades de seleccionar los que expresen un comportamiento superior. Además, el mejoramiento para alto rendimiento, debe realizarse dentro de parámetros de hábito de crecimiento, madurez, adaptación local, factores específicos de resistencia a plagas y enfermedades, tamaño de semilla y las principales preferencias en calidad de cada región donde se consume esta leguminosa. De no ser así, el material resultante tendrá un valor económico reducido; por tal razón, las estrategias de mejora deben ser guiadas al uso de materiales con potencial para aumentar el rendimiento, sin afectar estos factores importantes (Ríos *et al.*, 2014).

Kelly *et al.* (1998), señalan que en la selección basada en el rendimiento genotípico de *Phaseolus vulgaris* es importante una alta tasa de crecimiento combinada con un incremento en la biomasa, y una buena distribución de los fotosintatos para lograr una mayor eficiencia fisiológica.

Lo anterior está respaldado por Wallace *et al.* (1993), que dentro de sus conceptos para un mayor rendimiento de frijol, mencionan que es necesario considerar la tasa promedio de acumulación diaria de la biomasa, la cual proporciona una idea de la eficiencia fotosintética, y esto incrementa la producción; de esta forma, los genotipos de amplia variabilidad genética, resultan esenciales para la creación eficiente de cultivares superiores que tienen la adaptación o adaptabilidad requerida por el rango de variaciones ambientales en cada sitio específico.

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar el número de días después de la siembra en llegar a la etapa de madurez y la eficiencia productiva de cuatro líneas de frijol negro y opaco seleccionadas por su amplia adaptación, tolerancia a sequía y enfermedades, y dos variedades comerciales.





Materiales y métodos

Durante el ciclo otoño-invierno de 2017, bajo condiciones de humedad residual, se estableció una parcela de validación de genotipos de frijol negro en terrenos del Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, ubicado en el municipio de 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. Su clima es cálido húmedo Af(m)(e), con precipitación pluvial total anual de 1,743 mm y temperatura media anual de 24.0°C (García, 1987; Díaz *et al.*, 2006).

Se evaluaron cuatro líneas recombinantes (Papaloapan/SEN-46-3-7, Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8, Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2), seleccionadas por su amplia adaptación, tolerancia a sequía, a suelos ácidos y a enfermedades, junto con las variedades Negro Comapa y Negro Jamapa (testigos regionales); todos los genotipos se sembraron en parcelas de seis surcos de 12 m de longitud, separados a 0.60 m, con una densidad de 250,000 plantas por hectárea. En la etapa vegetativa 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 hicieron dos escardas con azadón, para mantener el cultivo libre de maleza. Hubo presencia de las siguientes plagas insectiles: doradillas (*Diabrotica* sp.), chicharritas (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) y mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), las cuales se controlaron mediante la aplicación de un insecticida formulado con imidacloprid (grupo neonicotinoides) + betacyfluthrin (grupo piretroides), en dosis de 200 mL/ha de producto comercial; se aplicó un fertilizante inorgánico foliar con N-P-K y elementos menores en dosis de 2 L/ha.

Durante el ciclo del cultivo se registró la precipitación pluvial (mm) directa del sitio experimental y la temperatura media (°C) (WWO, 2017). En cada genotipo se seleccionaron tres áreas de 3 m² cada una, en donde se cuantificaron las variables siguientes: días a floración media, contados desde la siembra hasta que en el 50% de las plantas mostraban por lo menos una flor abierta; días a madurez fisiológica, contados a partir de la siembra hasta que en el 50% de las plantas mostraban un cambio de coloración en las vainas a un color paja y continuaban cayendo las hojas viejas; número de plantas cosechadas; rendimiento de grano en kilogramos por hectárea; rendimiento de grano por planta, obtenido al dividir el rendimiento cosechado entre el número de plantas y rendimiento de grano por





día, el cual se obtuvo al dividir el rendimiento por planta entre el número de días a la madurez fisiológica.

Con el paquete estadístico de la Universidad Autónoma de Nuevo León, versión 2.5, se realizó análisis de varianza de las variables de respuesta cuantificadas, en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, considerando el valor obtenido en cada área muestreada como una repetición; para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 0.05 (Olivares, 1994).

Resultados y discusión

La precipitación pluvial total ocurrida durante el transcurso del experimento fue de 438.3 mm, de los cuales 133.5 mm cayeron en la etapa vegetativa, 196.1 mm durante la etapa reproductiva y el resto (108.7 mm), cayeron después de la madurez; la temperatura media durante el ciclo fue de 20.47°C (WWO, 2017); estas condiciones ambientales resultaron adecuadas para un crecimiento satisfactorio del cultivo del frijol, ya que según Rosas (2003) y Ruiz *et al.* (2013), para un buen desarrollo y producción del cultivo del frijol son adecuados de 300 a 500 mm de precipitación pluvial bien distribuidos durante el ciclo y una temperatura media entre 18 y 24°C.

En el Cuadro 1 se muestran los cuadrados medios, la significancia y el coeficiente de variación de las diferentes variables evaluadas.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas en el ensayo de las líneas sobresalientes de frijol. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño/invierno 2017/18.

FV	GL	F	M	PC	R (kg/ha)	R (g/pl)	R (g/pl/día)
Tratamientos	5	0.800 ns	2.900 **	69.599**	60497.6**	11.58 *	0.0087 *
Error	12	0.3333	0.3333	17.66666	10799.666	3.597	0.006533
Total	17						
CV (%)		1.47	0.69	9.77	5.75	14.72	15.79

FV = Fuentes de variación; GL = Grados de libertad; F = Floración media; MF = Madurez fisiológica; PC = Plantas cosechadas; R (kg/ha) = Rendimiento de grano en kilogramos por hectárea; R (g/pl) = Rendimiento de grano en gramos por planta; R (g/pl/día) = Rendimiento de grano en gramos por planta por día.





El Cuadro 2 indica que la floración osciló entre 39 y 40 días después de la siembra, y no hubo diferencia significativa entre cultivares. Todos los genotipos llegaron a la madurez fisiológica entre los 83 y 85 días, y en esta variable sí hubo diferencia estadística. Al respecto, Valderrama *et al.* (1997), Ligarreto y Martínez (2002) y Lamz *et al.* (2017), mencionan que al evaluar un grupo de genotipos de frijol encontraron que la variación en el número de días después de la siembra en llegar a la etapa de madurez no fue tan grande entre genotipos de la misma raza; tal vez por eso, en este ensayo no fueron tan discrepantes los días en alcanzar esta etapa entre los cultivares evaluados, ya que todos pertenecen a un mismo acervo genético (mesoamericano). La madurez del frijol, también depende de la sensibilidad del genotipo al fotoperiodo (reacción a la duración del día), del ambiente de crecimiento y de las interacciones entre estos factores (Singh *et al.*, 1991); el frijol es una planta de días cortos y generalmente se relaciona el fotoperiodo con las etapas de floración y madurez, pero también puede afectar otras características de la planta como la ramificación y el llenado de las vainas (White, 1991).

Cuadro 2. Días a floración media y madurez fisiológica de cuatro líneas sobresalientes de frijol y dos testigos regionales. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño/invierno 2017/18.

Genotipo	F	MF
Papaloapan/SEN-46-3-7	40	85 a
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8	39	83 b
Negro Jamapa (TR)	40	83 b
Negro Comapa (TR)	39	84 ab
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2	39	85 a
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	39	83 b
Promedio	39.3	83.3
ANVA	ns	**
DMS (0.05)	—	1.027

TR = Testigo regional; F = Floración media (días después de la siembra); MF = Madurez fisiológica (días después de la siembra).

Se encontraron diferencias significativas en el número de plantas cosechadas entre los cultivares evaluados; la línea recombinante Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2 tuvo la mayor cantidad de plantas cosechadas, aunque fue semejante a otras dos líneas; la cantidad de plantas en la cosecha es un factor importante para obtener buen rendimiento, ya que al





cosechar mayor número de plantas por superficie existen mayores posibilidades de obtener mayor número de vainas y de granos (Wallace *et al.*, 1993; Fageria y Santos, 2008; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2011); sin embargo, White (1991), señala que hay que ser muy precavido al considerar este parámetro, ya que en el frijol existe un fenómeno denominado “compensación del rendimiento”, y al aumentar un componente puede repercutir en la reducción de los otros, ya que la planta tiende a mantener estabilidad en la producción; sin embargo, esta tendencia a la compensación junto con otros caracteres hace del uso de los componentes una herramienta muy útil para diagnosticar genotipos sobresalientes (Cuadro 3).

En el mismo cuadro, también se observa que la línea recombinante Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 tuvo el mayor rendimiento de grano, el cual fue estadísticamente similar al de otros tres genotipos, entre ellos, los dos testigos comerciales. Esto coincide con lo que señalado por Zilio *et al.* (2013), Maqueira *et al.* (2017) y Gereziher *et al.* (2017), quienes encontraron que los genotipos de frijol con mayor ciclo presentaron menor producción, pero las diferencias en el rendimiento también están determinadas por el comportamiento de todos los componentes que contribuyen a la expresión de la producción (Kohashi-Shibata, 1990; Lamz *et al.*, 2017). En general, todos los cultivares tuvieron un rendimiento aceptable; la menor producción la obtuvo la línea Papaloapan/SEN-46-3-7 con 1,560 kg/ha, superior al promedio regional de rendimiento que es de alrededor de 600 kg/ha (SIAP, 2018).

Cuadro 3. Número de plantas cosechadas y rendimiento de cuatro líneas sobresalientes de frijol y dos testigos regionales. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño/invierno 2017/18.

Genotipo	PC	R
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8	42 bc	1,972.83 a
Negro Comapa (TR)	40 bc	1,894.73 ab
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	50 a	1,844.40 ab
Negro Jamapa (TR)	36 c	1,822.63 ab
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	45 a	1,752.66 b
Papaloapan/SEN-46-3-7	45 a	1,560.00 c
Promedio	43	1,807.87
ANVA	*	**
DMS (0.05)	7.4781	184.914

TR = Testigo regional; PC = Número de plantas cosechadas (por muestreo); R = Rendimiento de grano (kg /ha).





En el Cuadro 4 se muestra que la producción de grano de frijol por planta fue significativa; la variedad Negro Jamapa obtuvo el mayor rendimiento, el cual fue similar al de Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 y la variedad Negro Comapa. Una mayor cantidad de granos por planta proporciona la oportunidad de seleccionar genotipos superiores con mayor rendimiento (Texeira *et al.*, 2018).

En el mismo cuadro, se observa que la variedad Negro Jamapa tuvo la mayor capacidad para producir más gramos de grano por día, aunque fue estadísticamente semejante en eficiencia productiva a Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 y a la variedad Negro Comapa. El mejoramiento para alta eficiencia fisiológica combina el incremento de biomasa, alta tasa de desarrollo y buena repartición de fotosintatos entre las diferentes partes de la planta; en el caso del frijol, preferentemente a la semilla, esto mejora el índice de cosecha y provoca en los genotipos mayor producción diaria de materia seca en el grano (Wallace *et al.*, 1993; Kelly *et al.*, 1998; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Producción en gramos por planta y gramos por planta por día de cuatro líneas sobresalientes de frijol y dos testigos regionales. Campo Experimental Ixtacuaco. Ciclo otoño/invierno 2017/18.

Genotipo	Producción g/pl	Producción g/pl/día
Negro Jamapa (TR)	15.30 a	0.176 a
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8	14.25 ab	0.166 a
Negro Comapa (TR)	14.25 ab	0.163 ab
Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4	11.80 bc	0.136 abc
Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-2	11.16 bc	0.123 bc
Papaloapan/SEN-46-3-7	10.52 c	0.120 c
Promedio	12.88	0.147
ANVA	*	*
DMS (0.05)	3.3744	0.0415

TR = Testigo regional.

Conclusiones

1. Todas las líneas y variedades de frijol evaluadas fueron similares en el número de días en llegar a la etapa de floración; sin embargo, Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8, Jamapa





Plus/XRAV-187-3-4-4 y la variedad Negro Jamapa alcanzaron su madurez fisiológica en menor número de días. 2. La línea recombinante Jamapa Plus/XRAV-187-3-1-8 obtuvo el mayor rendimiento de grano, cercano a las 2 toneladas por hectárea. 3. La variedad comercial Negro Jamapa obtuvo el mayor rendimiento por planta; esta misma variedad presentó la mayor capacidad de canalizar fotosintatos hacia la semilla, demostrando mayor eficiencia en la producción de grano.

Literatura citada

- Alemu, H. 2017. Review paper on breeding common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes for acidic soil tolerance. IJARP 1(3):39-46.
- Beebe, S. E., I. M. Rao, M. J. Devi and J. Polania. 2014. Common beans, biodiversity, and multiple stresses: challenges of drought resistance in tropical soils. Crop Pasture Sci. 65(7):667-675.
- 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.
- Fageria, N. K. and A. B. Santos. 2008. Yield physiology of dry bean. J. Plant Nutr. 31(6):983-1004.
- 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.
- Gerezihier, T., E. Seid and G. Bisrat. 2017. Performance evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties in Raya Valley, Northern Ethiopia. Afr. J. Plant Sci. 11(1):1-5.
- Kelly, J. D., J. M. Kolkman and K. Schneider. 1998. Breeding for yield in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Euphytica 102(3):343-356.
- Kohashi-Shibata, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica. Chapingo, Edo. de Méx., México. 44 p.





- Lamz, P. A., R. M. Cárdenas T., R. Ortiz P., L. Eladio A. y A. Sandrino H. 2017. Evaluación preliminar de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) promisorios para siembras tempranas en Melena del Sur. *Cult. Trop.* 38(4):111-118.
- Ligarreto, M. G. A. y O. Martínez W. 2002. Variabilidad genética en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Análisis de variables morfológicas y agronómicas cuantitativas. *Agron. Colomb.*19(1-2):69-80.
- 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. SARH. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 29 p.
- Maqueira, L. L. A., O. Rojan H., S. A. Pérez M. y W. Torres N. 2017. Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de Los Palacios. *Cult. Trop.* 38(3):58-63.
- 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.
- Texeira, de O. J., I. da Silva R., C. García R., R. Montanari, R. Gava and P. E. Teodoro. 2018. Contribution of morphological traits for grain yield in common bean. *Biosci. J. Uberlândia.* 34(2):351-356.
- Ríos, M. D. K., S. E. Viteri R. and H. Delgado H. 2014. Evaluación agronómica de líneas avanzadas de frijol voluble *Phaseolus vulgaris* L. en Paipa, Boyacá. *Rev. Cie. Agr.* 31(1):42-54.
- 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. *Temas Cie. Technol.* 13(39):19-30.
- Rodríguez-Rodríguez, R., E. López-Salinas, O. H. Tosquy-Valle, y J. Ugalde-Acosta. 2012. Rendimiento y eficiencia en producción de grano negro de frijol en el norte de Veracruz. Memoria electrónica. XXV Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y IV del Trópico Mexicano. Huatusco, Ver., México.
- Rodríguez-Rodríguez, R., O. H. 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: Memoria IV Congreso Internacional Biológico-Agropecuario.* Tuxpan, Ver., México.





- Rosas, J. C. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. 2a. ed. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 57 p.
- Ruiz 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 los cultivos. Libro Técnico Núm. 3. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Cierre de la Producción Agrícola. Avance de siembras y cosechas. www.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/resumenproducto.do [consultado el 21 de mayo de 2018].
- Singh, S. P., P. Gepts and D. G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45(3):379-396.
- Valderrama, N. S. Y., C. E. Núñez y A. Duarte D. 1997. Evaluación de 26 genotipos de frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de vega del río Arauca. *Agron. Colomb.* XIV(2):127-137.
- Wallace, D. H., J. P. Baudoin, J. Beaver, D. P. Coyne, D. E. Halseth, P. N. Masaya *et al.* 1993. Improving efficiency of breeding for higher crop yield. *Theor. Appl. Genet.* 86(1):27-40.
- White, J. 1991. Conceptos básicos en 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. Cali, Colombia.
- WWO (World Weather Online). 2017. Martínez de la Torre Historical Weather, México. <https://www.worldweatheronline.com/martinezde-la-torre-weather-history/veracruz-llave/mx.aspx> [consultado el 28 de mayo de 2018].
- Zilio, M., C. A. Souza, C. M. Medeiros C., D. J. Miquelluti and A. Ferreira M. 2013. Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State. *Acta Sci. Agron.* 35(1):21-30.





CONTROL BIOLÓGICO DE HONGOS FITOPATÓGENOS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE NOPAL VERDURA (*Opuntia ficus indica* Mill)

Juan Gabriel Angeles Núñez^{21*}, Talina Olivia Martínez Martínez²¹ y Andrés Mandujano Bueno²¹

Resumen

En el Bajío guanajuatense, el cultivo de nopal representa la fuente de ingresos y de alimento de una gran cantidad de familias. Este cultivo como muchos otros de importancia agroeconómica ven mermados sus rendimientos y calidad a causa de enemigos naturales (patógenos). Para hacer frente a esta problemática, los productores recurren principalmente a la búsqueda del control químico, sin embargo, este tipo de control trae consigo problemas como contaminación del medio ambiente, y patógenos resistentes que provocan daños más severos; estas desventajas se unen al alto costo que tiene hoy en día este tipo de control. Estos inconvenientes han dado lugar a buscar alternativas viables que permitan por un lado aumentar los rendimientos y la calidad de los productos, así como por otro lado disminuir la contaminación del medio ambiente. Una alternativa que estudiamos, fue el uso de los microorganismos *Trichoderma* sp. y *Bacillus thuringiensis* en el cultivo de nopal para disminuir las afectaciones ocasionadas por enfermedades de origen fitopatógeno y con ello incrementar los rendimientos y la calidad del producto final. Los resultados obtenidos muestran que *Trichoderma* sp. controla eficazmente el desarrollo de hongos fitopatógenos encontrados en tejido enfermo, y que, la bacteria *B. thuringiensis* resultó efectiva para el control de *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp. en un estudio realizado *in vitro*. Los resultados obtenidos se discuten con base en la importancia que juegan hoy en día *Trichoderma* sp. y *B. thuringiensis* como agentes de control biológico en el cultivo de nopal.

Palabras clave: *Trichoderma* sp., *Bacillus thuringiensis*, control, enfermedades

²¹ Campo Experimental Bajío. CIRCE. INIFAP. *angeles.gabriel@inifap.gob.mx





Introducción

En los sistemas productivos agrícolas, la forma más común de hacer frente a los problemas por hongos fitopatógenos es a través del uso de productos químicos, cuyo uso indiscriminado ha alterado significativamente los constituyentes orgánicos y vivos del suelo, y con ello el equilibrio ecológico. Los países que poseen una agricultura activa basada en el uso de productos químicos, contribuyen de manera importante en la generación de contaminantes que afectan los mantos freáticos, el aire y al mismo ser humano. Actualmente, a nivel global se están firmando compromisos y acuerdos, para hacer frente a la problemática que vive el planeta referente a las emisiones contaminantes generadas por el sector agrícola. Debido a esta problemática, se están buscando alternativas biológicas que favorezcan el desarrollo de suelos fértiles llevando a una sostenibilidad agrícola, que represente beneficios para el hombre y para el balance ecológico (López, 2013). La conservación de los recursos productivos y del medio ambiente son dos exigencias básicas, en una agricultura sostenible; así, al considerar el daño ambiental que produce la aplicación excesiva y periódica de productos químicos, surge un creciente interés en usar técnicas basadas en la manipulación de microorganismos, como una alternativa hacia la sustitución parcial o total de estos insumos de origen químico.

En suelos agrícolas se encuentran hongos fitopatógenos como *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Colletotrichum* spp., entre otros, que atacan a los cultivos de importancia económica a nivel mundial, causando grandes pérdidas económicas (Bertrand *et al.*, 2000; Venner y Martín, 2009). Con las nuevas regulaciones y restricciones en el uso de plaguicidas y la demanda de productos orgánicos, crece el interés por el uso de alternativas a los fungicidas para el manejo de enfermedades, particularmente el uso de microorganismos benéficos como *Trichoderma* spp. (Chet e Inbar, 1994; Chet y Benhamou, 1998; López, 2013).

El uso de estos organismos como agentes de control biológico de enfermedades es de gran interés en la actualidad; la presencia endofítica de *Trichoderma* sp., juega un importante rol en el desarrollo y sanidad de los cultivos agrícolas, ya que estos hongos antagonistas favorecen el crecimiento porque contribuyen a la asimilación de nutrientes o por la producción de metabolitos secundarios (Müller *et al.*, 1984; Altomare *et al.*, 1999; Infante *et*





al., 2009). *Trichoderma* sp., ejerce control biológico de patógenos a través de la producción de sideróforos, así como la secreción de metabolitos secundarios como: proteasas, quitinasas, antibióticos (Evangelista-Martínez y Moreno-Enríquez, 2007; Infante *et al.*, 2009). Cada vez hay más grupos de trabajo que se suman a la búsqueda y uso de microorganismos capaces de ejercer control biológico contra los principales agentes infectantes que merman el rendimiento y la calidad de los cultivos agrícolas, ya que éstos han mostrado múltiples beneficios al interactuar con las plantas. Considerando los puntos anteriores y el posible impacto que pueden tener estos microorganismos en la sustitución de agentes químicos, se trabajó bajo el objetivo general de realizar aplicaciones de *Trichoderma* sp. en parcelas de nopal con la finalidad de estudiar sus efectos biológicos sobre los agentes infectantes de este cultivo, con la finalidad de conocer su potencial agroeconómico en el control de enfermedades. De este objetivo se derivaron los objetivos específicos 1. Estudiar el efecto antagónico de *Trichoderma* sp. contra hongos fitopatógenos causantes de la mancha negra en nopal, 2. Estudiar el efecto antagónico de *Bacillus thuringiensis* contra hongos fitopatógenos como *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp. El presente trabajo, es una alternativa biológica para el control de fitopatógenos que afectan al cultivo de nopal, el cual contribuye a disminuir el uso de agentes químicos. La meta del presente trabajo fue conocer los efectos de la aplicación de *Trichoderma* sp. en el cultivo de nopal sobre los hongos fitopatógenos que lo afectan. En este mismo contexto, se evaluó si la bacteria *Bacillus thuringiensis* ejercía también control biológico sobre *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp., dos hongos que están presentes en algún estadio fisiológico de la mayoría de los cultivos agrícolas.

Materiales y métodos

El trabajo se condujo en el Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Molecular de Plantas y Microorganismos del Campo Experimental Bajío-INIFAP. Como material biológico se utilizaron las cepas INI093 de *Trichoderma* sp. e INI02CB de *Bacillus thuringiensis*.





Obtención de los fitopatógenos *Alternaria* spp., *Bipolaris* spp. y *Fusarium* spp.

Las cepas de estos hongos fueron aisladas de tejidos de cladodio de nopal enfermo. Para su aislamiento se colocaron fragmentos de tejido vegetal enfermo sobre placas de medio de cultivo agar dextrosa y papa (PDA) y se incubaron en una cámara de crecimiento a 28°C durante 72 h.

Características macroscópicas

Se observaron las características de crecimiento a nivel macroscópico de cada una de las colonias crecidas en el medio PDA, considerando: textura, color, forma, superficie y borde.

Características microscópicas

Para la caracterización microscópica se realizaron montajes en portaobjetos de los hongos de interés utilizando solución salina, o azul de lacto fenol.

Pruebas de confrontación

Las cepas INI093 de *Trichoderma* sp. e INI02CB de *Bacillus thuringiensis* fueron confrontadas con los fitopatógenos *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp. y *Fusarium* sp., para ello se utilizaron placas de medio de cultivo PDA. En un extremo equidistante de una placa de PDA se colocó el microorganismo benéfico y en el otro extremo equidistante las cepas de los hongos fitopatógenos a evaluar. Posteriormente la placa de la confrontación se incubó a 28°C en una cámara de crecimiento por un periodo de siete días, tiempo en que se monitoreó la evolución y desarrollo de los hongos cultivados.

Resultados y discusión

El cultivo del nopal se ve afectado por la enfermedad de la mancha negra; esta enfermedad ha sido detectada en cladodios de más de seis meses de edad con lesiones color café a negro, las cuales inician con la presencia de puntos pequeños color olivo que aumentan de tamaño y cambian a un color café oscuro (Quezada-Salinas *et al.*, 2006; Martínez-Martínez *et al.*, 2017). El tiempo desde la aparición de los primeros síntomas hasta que las lesiones se



desarrollan, varía entre 25 y 40 días, dependiendo del grosor y la edad del cladodio. Esta enfermedad puede causar pérdidas importantes en el sistema productivo del nopal si no se buscan alternativas viables que ayuden a controlar su propagación. Los resultados obtenidos muestran que cladodios enfermos con lesiones provocadas por la mancha negra, tienen la presencia de diferentes hongos fitopatógenos (*Alternaria* sp., *Bipolaris* sp. y *Fusarium* sp.), que afectan de manera diferencial al cultivo (Figura 1).



Figura 1. Plantas de nopal con diferente nivel de afectación por agentes externos.

Estos patógenos encontrados en los cladodios al ser confrontados con la cepa INI093 de *Trichoderma* spp., sufrieron afectaciones en el proceso de crecimiento y desarrollo (Figura 2).

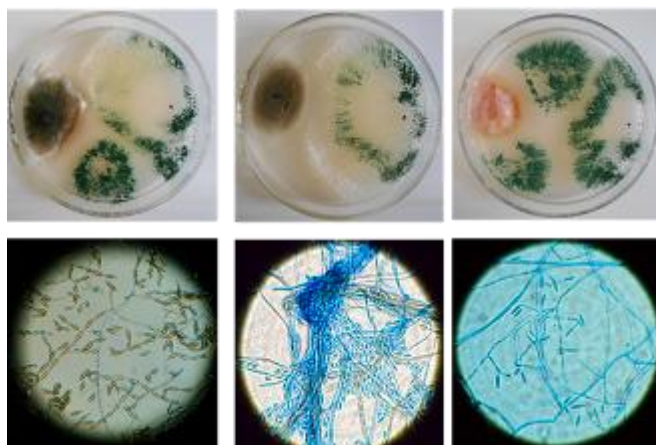


Figura 2. Prueba de confrontación entre hongos fitopatógenos encontrados en las lesiones de la mancha negra de nopal y el hongo antagonista *Trichoderma* sp. (A) *Trichoderma* sp. vs *Alternaria* sp., (B) *Trichoderma* sp. vs *Bipolaris* sp., (C) *Trichoderma* sp. vs *Fusarium* sp.

A nivel macroscópico se puede observar claramente como la presencia de *Trichoderma* sp. inhibió el desarrollo de los tres fitopatógenos, y que *Trichoderma* sp. sobrecrece al patógeno y acelera su proceso de producción de esporas (manto verde que se puede observar en el



desarrollo macroscópico de las confrontaciones). En otros estudios realizados por nuestro equipo de trabajo, se ha observado que *Trichoderma* sp. al estar en contacto con agentes fitopatógenos acelera la producción de esporas, las cuales se agrupan alrededor del fitopatógeno para posteriormente germinar y parasitar al adversario. Las observaciones microscópicas de las confrontaciones evidencian como las estructuras de *Trichoderma* spp. entrelazan las hifas y estructuras reproductivas del patógeno, ejerciendo control sobre los fitopatógenos analizados. Estos resultados ponen de manifiesto el potencial de la cepa INI093 de *Trichoderma* sp. como agente de control biológico. Este tipo de microorganismos poseen un mecanismo de acción que consiste en invadir rápidamente el sustrato y obstaculizar el crecimiento del micelio de otros hongos, mediante la producción de toxinas y antibióticos; aunado a esto, *Trichoderma* sp., se une a las hifas del huésped, penetrando su pared celular mediante la secreción de enzimas hidrolíticas que degradan componentes de la pared celular, formando así orificios en el hongo huésped, a través de los cuales extraen nutrientes que utilizan para su crecimiento y desarrollo (Díaz, 1994; Samuels, 1996; Altomare *et al.*, 1999; Hermosa *et al.*, 2000; Harman *et al.*, 2004; Infante *et al.*, 2009). En Cuba se han observado resultados satisfactorios en el control de *Phytophthora nicotianae*, *P. capsici* y *Rhizoctonia solani* entre otros hongos de importancia agroeconómica, a través de biopreparados a base de *Trichoderma* sp. (Stefanova *et al.*, 1999). Con respecto al efecto de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) sobre *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp., los resultados en este bioensayo muestran claramente que la cepa INI02CB de Bt, impide el desarrollo y crecimiento de *Fusarium* sp. y *Alternaria* sp. (Figura 3).

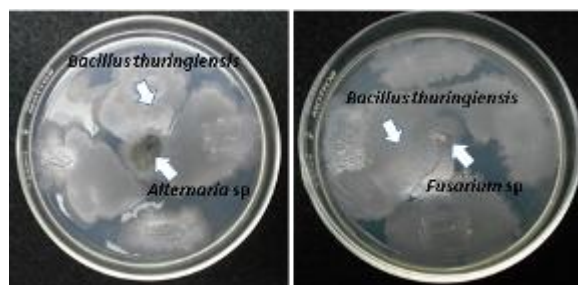


Figura 3. Prueba de confrontación entre hongos fitopatógenos encontrados en las lesiones de la mancha negra de nopal y la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt). (A) Bt vs *Alternaria* sp., (B) Bt vs *Fusarium* sp.



Este tipo de microorganismos poseen factores de virulencia (fosfolipasas, enterotoxinas, β -exotoxinas y quitinasas) que les permiten sobrevivir y multiplicarse (Sauka y Benintende, 2008). Los resultados del control biológico muestran que *Trichoderma* sp. puede ser un buen aliado para la sanidad del cultivo de nopal, y que al igual que este hongo antagónico, en la naturaleza hay otros microorganismos de origen bacteriano que también pueden jugar un rol importante en la sanidad de los cultivos agrícolas. Estos resultados dieron la pauta para realizar aplicaciones de *Trichoderma* sp. en plantas de nopal en el C. E Bajío del INIFAP; las Figuras 4 y 5 muestran un panorama general del estado de sanidad de la parcela.



Figura 4. El uso de *Trichoderma* sp. disminuye las afectaciones ocasionadas por hongos fitopatógenos en el cultivo de nopal.



Figura 5. El uso de *Trichoderma* sp. favorece el desarrollo de brotes en la planta de nopal.

Las observaciones realizadas *in situ* revelaron que *Trichoderma* sp. está ayudando de manera diferencial a la problemática de sanidad del cultivo de nopal, así como a la inducción de brotes que favorecen el rendimiento de este cultivo.



Conclusiones

1. La cepa INI093 de *Trichoderma* sp. resultó efectiva en el control de fitopatógenos encontrados en lesiones de la mancha negra de nopal (*Alternaria* sp., *Bipolaris* sp. y *Fusarium* sp.). 2. INI093 contribuyó al desarrollo de nuevos brotes. 3. La cepa INI02CB de *Bacillus thuringiensis* resultó efectiva en el control de biológico de *Alternaria* spp. y *Fusarium* spp.

Agradecimientos

El presente trabajo fue desarrollado con recursos otorgados a través de Proyectos Fiscales 2018 del INIFAP, mediante el convenio No. 10235934451.

Literatura citada

- Altomare, C., W. A. Norvell., T. Björkman and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Appl. Environ. Microbiol.* 65(7):2926-2933.
- Bertrand, B., C. Nuñez and J. L. Sarah. 2000. Disease complex in coffee involving *Meloidogyne arabicida* and *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathol.* 49(3):383-388.
- Chet, I. and J. Inbar. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 48(1):37-43.
- Chet, I. and S. H. Benhamou. 1998. Mycoparasitism and lectin enzymes. p. 153-162. *In:* Harman G. E. and C. P. Kubice (eds.). *Trichoderma & Gliocladium: Enzymes, biological control and commercial applications.* 2nd ed. Taylor & Francis Ltd. London, UK.
- Díaz, J. 1994. Algunos aspectos biológicos de *Trichoderma* y su posible uso como biocontrol. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba.
- Evangelista-Martínez, Z. y A. Moreno-Enríquez. 2007. Metabolitos secundarios de importancia farmacéutica producidos por actinomicetos. *BioTecnología* 11(3):37-50.





- Harman, G. E., C. R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species--opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2(1):43-56.
- Hermosa, M. R., I. Grondona, E. A. Iturriaga, J. M. Díaz-Minguez, C. Castro, E. Monte *et al.* 2000. Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* 66(5):1890-1898.
- Infante, D., B. Martínez, N. González y Y. Reyes. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Rev. Prot. Veg.* 24(1):14-21.
- López, S. N. 2013. Efecto de aislados de los géneros *Streptomyces* y *Bacillus* como promotores del crecimiento vegetal en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa. Guasave, Sin., México. 100 p.
- Martínez-Martínez, T. O., J. G. Angeles-Núñez, A. Mandujano-Bueno y M. de J. Ávila-Escobedo. 2017. Control biológico de la mancha negra del nopal mediante *Trichoderma* sp. Desplegable Técnico Núm. 12. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México.
- Müller, G., B. F. Matzanke and K. N. Raymond. 1984. Iron transport in *Streptomyces pilosus* mediated by ferrichrome siderophores, rhodotorulic acid, and enantio-rhodotorulic acid. *J. Bacteriol.* 160(1):313-318.
- Quezada-Salinas, A., J. S. Sandoval-Islas, D. Alvarado-Rosales y E. Cárdenas-Soriano. 2006. Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) en Tlalnepantla, Morelos, México. *Agrociencia* 40(5):641-653.
- Samuels, G. J. 1996. *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus. *Mycol. Res.* 100(8):923-935.
- Sauka, D. H. y G. B. Benintende. 2008. *Bacillus thuringiensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el control biológico de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. *Rev. Arg. Microbiol.* 40(2):124-140.
- Stefanova, M., A. Leiva, L. Larrinaga y M. F. Coronado. 1999. Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp., para el control de hongos fitopatógenos del suelo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 16:509-516.
- Venner, R. C. y M. J. Martín H. 2009. Aislamiento y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en cultivos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con capacidad antagónica Frente a *Fusarium* sp. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 60 p.





ANÁLISIS DEL AGROECOSISTEMA CON CALABAZA PIPIÁN (*Cucurbita argyrosperma* J.C. Huber) EN PASO DE OVEJAS, VERACRUZ

Mónica Del Ángel Ocampo^{22*}, Arturo Pérez Vázquez²², Ciro Sánchez Hernández²², Paola Carolina Taborda Bustillo²² y Eliseo García Pérez²²

Resumen

El presente estudio consistió en analizar el agroecosistema con calabaza pipián para conocer su situación actual e identificar la problemática y cadena de valor en el municipio de Paso de Ovejas. El análisis se realizó en tres niveles: cuenca, municipio y cultivo. A nivel cuenca se utilizó el software QGis con la finalidad de identificar las zonas agroecológicas con mayor potencial productivo. Para conocer su situación a nivel municipal se realizaron entrevistas con actores clave. Para identificar su situación a nivel finca (cultivo) se utilizaron técnicas participativas y entrevista semi-estructurada. A nivel de cultivo se realizó un análisis financiero y balance energético, utilizando una encuesta para registrar insumos, precios, actividades y producción. En el análisis financiero se estimó la relación beneficio/costo (B/C), el valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR). Además, se estimó la productividad energética mediante la metodología de entradas y salidas. El grado de interacción/comunicación de los productores se analizó con el software UCINET, evaluando métricas de densidad, intermediación y grado de cercanía. Se encontró que, en el año 2017, Veracruz ocupó el séptimo lugar de producción nacional, a nivel municipio, Paso de Ovejas se ubica en el quinceavo lugar de producción. Las principales comunidades productoras son; Mata Mateo, Cantarranas, Acazónica, Angostillo, La Ternera y Mata de Jobo. A nivel de cultivo la productividad energética fue de $6.79508E-06$ BTU de pipián en fresco y de $7.06357E-07$ BTU para producto transformado (jamoncillo). El análisis financiero mostró una relación B/C de 1.03 para producto transformado y de 0.13 en fresco; la VAN fue de 1,430.00 para semilla de pipián fresco y 20,276.00 para jamoncillo y una TIR de 8% para semilla y 22% para jamoncillo. Se concluye que el mayor flujo de efectivo se refleja en la

²²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. *angel.monica@colpos.mx





comercialización del producto con agregación de valor (jamoncillo), y mayor productividad energética.

Palabras clave: niveles jerárquicos, investigación participativa, potencial productivo

Introducción

Los restos arqueológicos sugieren que el origen de *Cucurbitaceae argyrosperma*, conocida comúnmente como calabaza pipián o pipiana se dio en el centro de México, los restos encontrados en la región del valle de Tehuacán, Puebla, los cuales datan hace más de 7000 años (Lira y Montes, 1992; Lira, 1995). La familia Cucurbitaceae incluye 118 géneros y 825 especies, de las cuales 141 (128 silvestres y 13 cultivados) crecen en México.

Varias especies de la familia son importantes para la economía y cultura de diversas sociedades rurales de México debido a que son utilizadas como alimento y medicina entre las cuales se encuentra la *Cucurbita argyrosperma* (Lira *et al.*, 2002). Los frutos son de tamaño diverso, de 14 cm a 50 cm de largo y 14 cm a 25 cm de diámetro, piriformes o claviformes, cortos o largos y rectos o encorvados en la parte más delgada, en su interior se encuentran semillas de 1.5 cm a 3 cm de largo y de 0.7 cm a 1.7 cm de ancho, planas, elípticas a lanceoladas (Dorantes-Jiménez *et al.*, 2016). La fruta madura se usa ocasionalmente para preparar dulces, y con mayor frecuencia como alimento para ganado bovino y aves de corral. Las semillas se comen enteras, tostadas, molidas, siendo el ingrediente principal en salsas y mole verde. Las semillas son lo más importante debido a que contienen 39% de aceite y 44% de proteína (Guenkov, 1983), su consumo es frecuente en México y en países de América Central (Hernández y León, 1994).

En América Central se ha registrado el cultivo en Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (Hernández y León, 1994). Según el SIAP (2017), 16 estados se dedican a la producción de calabaza pipián, ocupando el estado de Veracruz el séptimo lugar, siendo el primer lugar Campeche con un total de 28,665.50 ha, aunque en el 2005 Veracruz ocupaba el primer lugar en producción y Chiapas el segundo (SAGARPA, 2005). En 2007, Veracruz tuvo una superficie cultivada de 1,611 ha (SIAP, 2017). En el





estado de Veracruz 26 municipios se dedican a la producción de calabaza pipián; Paso de Ovejas ocupa el quinceavo lugar, con una superficie de 24 ha. La importancia de este cultivo radica en que en el mercado local tiene una creciente demanda de las semillas; éstas son procesadas para consumo por su alto contenido de aceite del 28% y 30% de proteína (FAO, 2018). Otras formas de aprovechamiento son los frutos tiernos, las flores y las puntas de guía, para preparar diversos platillos. Por los bajos costos de producción, relativo valor del producto final (semillas), el interés de compradores se ha incrementado el interés de los agricultores locales por sembrar cada vez mayor superficie. Sin embargo, cabe resaltar que no existe información suficiente y actualizada sobre el sistema de producción de calabaza pipián para el municipio, por lo que es necesario generar información que contribuya delinear criterios de la importancia de este cultivo para zonas de temporal de lomerío y de clima cálido subhúmedo. Por tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la situación actual del agroecosistema con calabaza pipián a diferentes niveles jerárquicos en la zona centro del estado de Veracruz. La pregunta a responder fue: ¿Cuál es la situación actual del agroecosistema con calabaza pipián a nivel de cuenca, municipio y finca en la zona centro del estado de Veracruz?

Materiales y métodos

El enfoque de esta investigación fue mixto, integra un análisis cuantitativo y cualitativo. La investigación se realizó durante los meses de abril-marzo de 2018.

Área de estudio: A nivel de municipio, este se realizó en Paso de Ovejas. A nivel de finca, se realizó en la comunidad de Cantarranas, Paso de Ovejas, Veracruz. La localidad se ubica a una altitud de 220 m. El clima es cálido subhúmedo (Aw0). La temperatura media anual es de 25.7°C y una precipitación media anual de 1,196 mm.

Niveles de análisis: esta investigación se enfocó a analizar el agroecosistema de calabaza pipián a nivel de cuenca, municipio y cultivo. Se recabó información por medio del SIAP para conocer la superficie cultivada en los tres niveles jerárquicos. Se visitó la comunidad de Cantarranas, tomando una muestra representativa del 50% de un total de 42 productores.





Técnicas de análisis: para el análisis a nivel de cuenca, se utilizó el programa de QGIS para identificar las zonas de mayor aptitud agroecológica. A nivel de municipio se realizaron entrevistas semi-estructuradas a actores clave (Representante Municipal de Fomento Agropecuario y Jefe de Distrito 006-La Antigua). A nivel de finca (cultivo) se utilizaron técnicas de investigación participativa (entrevista semi-estructurada, lluvia de ideas, árbol de problemas y ranqueo) y un cuestionario. Se realizó una reunión con 42 productores de calabaza pipián de Cantarranas y mediante dinámicas diversas se identificaron problemas, se priorizaron, se obtuvieron prácticas de manejo y rendimiento. Para el análisis del sistema-producto calabaza pipián se utilizó la técnica de árbol de problemas en el que las causas son las raíces y los efectos las ramas. Para obtener la información en cuanto a la colaboración y comunicación entre los productores se utilizó el software UCINET, en donde se determinaron, tres medidas de centralidad: rango (*degree*), grado de intermediación (*betweenness*) y cercanía (*closeness*), y con ello se hizo la representación gráfica sobre las relaciones que existen y porcentaje de densidad (Kuz *et al.*, 2016). Mediante una entrevista semi-estructurada se obtuvo la información del valor agregado a la semilla (jamoncillo) en la comunidad de La Ternera, municipio de Puente Nacional. Para el análisis financiero se utilizó una encuesta (cuestionario) recabando datos sobre costos e ingresos para la producción de semilla y de valor agregado (jamoncillo), determinando indicadores como: relación beneficio/costo (B/C), valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR). Para el análisis energético se utilizaron datos obtenidos con el mismo cuestionario, registrando entradas (insumos) y salidas (producción) del sistema en términos de energía directa e indirecta y se asignaron valores de energía en BTU (*British Thermal Unit*), a todos los insumos y salidas. Para el caso de elaboración de jamoncillo incluyó el ciclo de producción más la transformación de la semilla a jamoncillo, aunque en la comunidad de Mata de Jobo los productores compran la semilla lista para usarse. Se estimó la productividad energética de acuerdo a la metodología de Fluck (1995) y Pardo (1987).

Resultados y discusión

Nivel cuenca: de acuerdo con la zonificación agroecológica, los estados con mayor potencial para la producción de calabaza pipián son: Veracruz, Campeche, Yucatán, Tamaulipas, parte



de Oaxaca, Michoacán, Jalisco, Nayarit y Sinaloa (Figura 1). Veracruz, se encuentra en el séptimo lugar, con una superficie sembrada de 1,611 ha; el municipio de Paso de Ovejas en el quinceavo lugar con una superficie cultivada de 24 ha y Puente Nacional en el doceavo lugar con una superficie de 30 ha dentro de los 26 municipios reportados en el estado de Veracruz. El cultivo se da básicamente en las vertientes del Golfo de México y del Pacífico y la península de Yucatán.

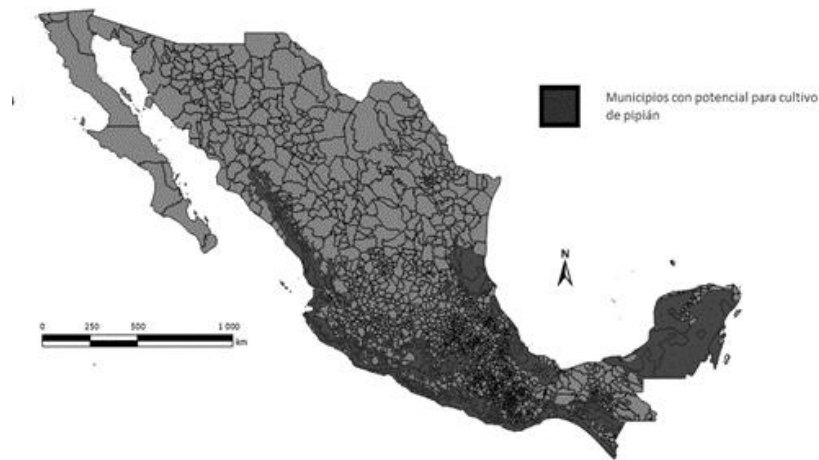


Figura 1. Estados con el mayor potencial agroecológico para el cultivo de calabaza piñón

A nivel estatal su cultivo se concentra en el norte y en el centro del estado y parcialmente hacia el sur. En el centro, particularmente en los municipios de Alto Lucero, Actopan, La Antigua, Puente Nacional, Paso de Ovejas y Úrsulo Galván (Figura 2).

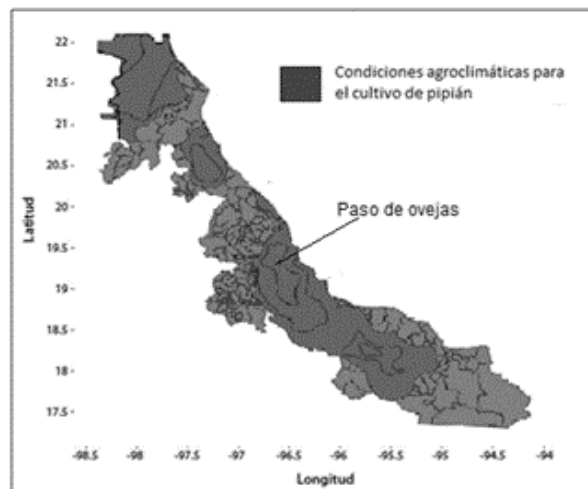


Figura 2. Zonas agroecológicas del estado de Veracruz con el mayor potencial para el cultivo de calabaza piñón



Nivel municipio: algunas de las comunidades con mayor importancia en el municipio de Paso de Ovejas son: Mata Mateo, Cantarranas, Acazónica, Angostillo, La Ternera y Mata de Jobo. En la comunidad de Cantarranas el cultivo de calabaza pipián se siembra en monocultivo, ya que de esta manera obtienen mayores rendimientos. Aunque en el pasado lo hacían en asociación con el maíz. En México, el cultivo de calabaza pipián es importante en sistemas agrícolas tradicionales (Whitaker y Davis, 1962). Además de este cultivo, se dedican a sembrar sandía, maíz y papayo. El ciclo de cultivo de la calabaza pipián dura tres meses, desde su siembra a la cosecha. La siembra se realiza cuando empieza la temporada de lluvias, que puede ser inicios del mes de junio. Uno de los principales problemas del cultivo es la sequía, pues siempre existe el riesgo de que si las lluvias no son adecuadas y suficientes la siembra podría perderse o tener bajo rendimiento. En segundo está el precio de la semilla (una vez cosechada y beneficiada), pues hace cuatro años se pagó a \$40.00 el kg y fue rentable, pero en los últimos dos años el precio ha sido de \$18.00 a \$20.00 y mínimamente logran cubrir los costos de producción. En tercer lugar, están las plagas y enfermedades, una larva que perfora el fruto tierno y una enfermedad fungosa (cenicilla) que afecta la capacidad fotosintética del cultivo y el rendimiento.

Nivel cultivo: el total de productores entrevistados afirma que tienen problemas de gusano verde (posiblemente *Diaphania hyalimata* L. o *D. nitidalis* Stoll.) una vez que brota el fruto de calabaza, para lo cual aplican plaguicidas como el Denim 19 CE o Furadan 350 L. El problema de cenicilla (*Erysiphe cichoracearum* D.C.) el cual se agrava en condiciones de sequía. Otro problema es durante el beneficiado de la semilla, ya que si se moja (lluvia imprevista) pierde su calidad y disminuye su vida de anaquel. Se cultiva en climas cálidos subhúmedos, preferentemente en suelos de lomeríos arenosos y franco-arcillosos con buen drenaje y contenido de materia orgánica. Normalmente usan semilla de borde delgado pues tiene mayor peso que la de borde ancho. Emplean herbicida para el control de malezas, preferentemente en dos ocasiones, una después de la siembra y una posterior cuando la guía es todavía manejable (1 m de longitud). La superficie cultivada es de 1-10 ha por productor. El rendimiento promedio reportado es de alrededor de 600-700 kg/ha. Esto coincide con lo indicado por George (1999) quién indica que su rendimiento promedio va de 0.5 hasta 1.0 t/ha.



Respecto al análisis de redes, se encontró que la densidad del factor social fue de 1.6% de la interrelación entre los productores de Cantarranas. Se determinaron 13 subgrupos, lo que significa que a la mayoría de los productores trabajan solos con mínima intercomunicación. Dos productores (Adán y Pedro) fueron las personas con mayor grado de intermediación y referente. Es decir, con el mayor grado de comunicación con los demás productores. Por otro lado, otros dos productores (Mario y Antonio) tuvieron el mayor grado de cercanía y por tanto tienen la mayor capacidad para acceder al resto de los nodos de la red (Figura 3).

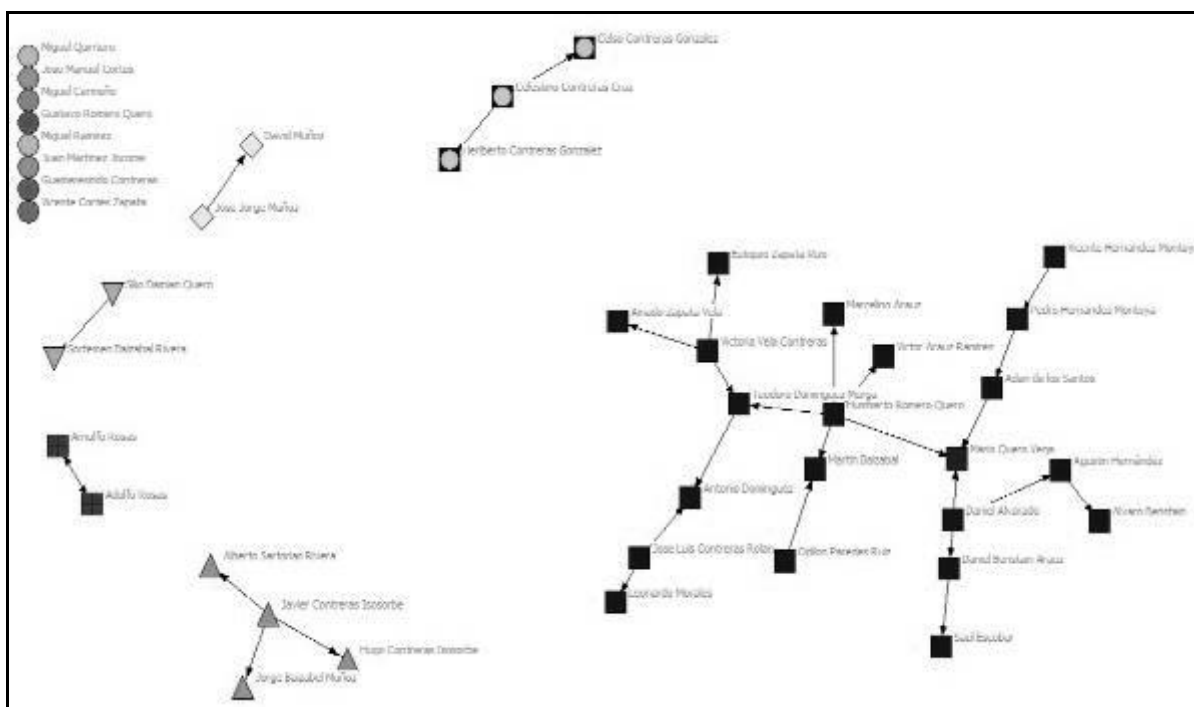


Figura 3. Análisis de datos obtenidos de la comunidad de Cantarranas, Paso de Ovejas, Veracruz.

Las actividades como sacar la semilla (cosecha), control de malezas y preparación del terreno tienen la mayor incidencia en el costo total de producción (Figura 4).

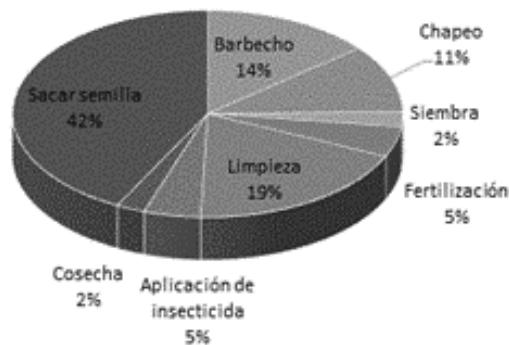


Figura 4. Distribución porcentual de los costos de producción en el cultivo de piñón.

Los indicadores financieros de la producción de piñón que se realizan en el municipio de Paso de Ovejas y compararlos con la forma de comercialización de La Ternera, en donde los productores le dan valor agregado, Los resultados indican que el punto de equilibrio del producto en fresco es de \$20.00/kg. Sin embargo, al comercializarlo en jamoncillos les puede generar mayores ingresos, observando en el Cuadro 1, una relación beneficio costo mayor a uno.

Cuadro 1. Indicadores financieros del cultivo en fresco y con valor agregado.

Tipo de producción	Costo/ha (\$)	B/C	VAN (\$)	TIR
Semilla de Piñón (seca)	10,570.00	0.13	1,430.00	8%
Jamoncillo (dulce)	47,370.00	1.03	20,276.00	22%

Cuadro 2. Resultado de balance energético de calabaza piñón como producto en fresco y en jamoncillo.

Insumo	Unidades	Cantidad	Energía total (BTU)	Energía total (BTU) Semilla	Energía total (BTU) Jamoncillo	Productividad energética (BTU)
Tractor	Btu/\$	2100	27747300			
Nitrógeno	Btu/kg	1	72156.1			
Herbicida	Btu/kg	4	1079162.4			
Insecticida	Btu/kg	2	438628			
Labor	Btu/h	328	17755624			
subtotal				47,092,870.00		6.79508E-06
Leña	Btu/kg	320	5713920			
Otros costos	Btu/\$	30290	400221770			
subtotal					405,935,690.00	7.88302E-07
Total			453,028,560.50	453,028,560.50		7.06357E-07





En el Cuadro 2 se puede observar que la energía utilizada para la comercialización del producto en fresco es menor respecto cuando se da valor agregado. El mercado regional de los derivados del pipián (jamoncillo y salsa de pipián) incluye mercados municipales y venta en establecimientos fijos y ambulantes en las ciudades de Xalapa, Huatusco, Coscomatepec, Veracruz y Cardel, así como la venta a domicilio. Esta actividad es realizada de manera tradicional por familias de Mata de Jobo. La venta se realiza todo el año, pero la mayor demanda es durante septiembre y octubre, que coincide con festividades de “Todos Santos”.

Conclusiones

1. El monocultivo de pipián genera ingreso al productor y brinda oportunidades de empleo e ingreso a la comunidad. Sin embargo, el uso de plaguicidas altamente tóxicos está afectando el ambiente.
2. El cultivo de pipián de ser en el pasado un cultivo tradicional (asocio con maíz y papayo) se ha convertido en un monocultivo comercial, con alto uso de insumos. Esto convoca a buscar alternativas más sustentables (agroecológicas) para el control de plagas y enfermedades.
3. Se encontró una baja conectividad, de acuerdo al análisis de redes, con un valor de 1.6% de densidad, lo que implica una baja intercomunicación entre los productores.
4. El análisis financiero evidenció una baja rentabilidad, a un precio de semilla en 2017 de \$20.00/kg.
5. Al comparar indicadores financieros de TIR, VAN, B/C para producción de pipián semilla y transformado (jamoncillo), mostró mejores indicadores cuando se le da valor agregado.
6. El análisis energético evidenció mayor productividad energética a valor agregado (jamoncillo) respecto a la producción de la semilla.

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca otorgada a la primera autora. Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, por el apoyo económico. A las comunidades de Cantarranas y La Ternera por su apoyo.





Literatura citada

- Dorantes, J. J., C. Flota B., B. Candelaria M., M. Ramírez M. y M. M. Crosby G. 2016. Calabaza Chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), alternativa para alimentación animal en el trópico. *AgroProductividad*. 9(9):33-37.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveq/cdrom/contenido/libro11/cap2.htm [consultado el 23 de junio de 2018].
- Fluck, R. 1995. Energy: The Hidden Input, Southern Regional Workshop Evaluating Sustainability. University of Florida, Gainesville, SARE/ACE.
- George, R. A. T. 1999. Vegetable seed production. 2nd ed. CABI Publishing. Wallingford, UK. 336 p.
- Guenkov, G. 1983. Fundamentos de horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 355 p.
- Hernández, B. J. E., y J. León. 1994. Neglected crops 1492 from a different perspective. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Plant production and protection series No. 26. Published in collaboration whit the Botanical Garden of Córdoba (Spain) as part of the Etnobotánica 92 programme (Andalusia, 1992). 348 p.
- Kuz, A., M. Falcol. y R. Giandini. 2016. Análisis de redes sociales: un caso práctico. *Computación y Sistemas* 20:89-106.
- Lira, S. R., J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in México. *Biodiversity and Conservation*, 11:1699-1720.
- Lira, S. R. y S. Montes H. 1992. Cucurbits (*Cucurbita* spp.) Neglected crops: 1492 from a different perspective.
- Lira, S. R. 1995. Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. 9. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Pardo, R. 1987. Small-scale forest enterprises. AO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. An international journal of forestry and forest industries. 39:157-158.





SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).

2005. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de Estadística Agropecuaria de la Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 13 de junio de 2018].

Whitaker, T. W. and G. N. Davis. 1962. Cucurbits, botany, cultivation and utilization. Interscience Publishers, Inc. New York, USA. 250 p.





ADAPTACIÓN DE CULTIVARES DE NOPAL VERDURA EN SUELOS VERTISOLES DE EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Andrés Mandujano Bueno^{23*}, Talina Olivia Martínez Martínez²³, Juan Gabriel Ángeles Núñez²³ y María de Jesús Ávila Escobedo²³

Resumen

Para la región de el Bajío guanajuatense y todo México, las especies de nopal (*Opuntia* spp.) cuentan con gran importancia económica, social, cultural y ambiental. De forma silvestre, estas especies son fundamentales para el equilibrio ecológico regional y las plantaciones para producción de nopal verdura, son básicas para la alimentación de sus pobladores y fuente de recursos para algunos de sus productores. La mayoría de las plantaciones existentes en El Bajío se remontan a nopaleras silvestres domesticadas en huertas familiares, siendo la falta de materiales con capacidad de adaptación al tipo de suelo y condiciones agroclimáticas de El Bajío y la falta de productividad, situaciones que limitan el desarrollo de este cultivo. El objetivo del trabajo fue evaluar la adaptación de 11 materiales de nopal verdura provenientes del banco de nopal del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, a las condiciones de suelo y clima de El Bajío. A partir del establecimiento de los 11 materiales y primeros brotes, cada seis meses se midieron las variables morfométricas: altura de la planta, longitud, ancho, área de los cladodios y espesor. En cada medición se evaluaron todos los cladodios de la planta y se obtuvo el promedio de cada lectura. Se calculó la Área Fotosintéticamente Activa (AFA), utilizando la fórmula: $AFA = \text{largo del cladodio (cm)} \times \text{ancho del cladodio (cm)} \times 1.32$. Además, se colectaron datos de número de individuos muertos, altura de planta y como dato secundario el número de tunas producidas en junio de 2018. El diseño estadístico fue completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por un individuo. Los datos promedios se compararon con prueba T (de Student) a una significancia de 5%. De acuerdo con el porcentaje de sobrevivencia, altura de planta, productividad de nopal verdura y tuna, Jade

²³Campo Experimental Bajío. INIFAP. *mandujano.andres@inifap.gob.mx





fue el material de mayor adaptación y productividad en un suelo arcilloso del tipo vertisol típico de la región de El Bajío guanajuatense, seguido de los materiales cero espinas (1-B) y Tlaconopal (TL) que tardaron mayor tiempo en lograr alta productividad. Estas variedades cuentan con potencial para su establecimiento en suelos típicos de el Bajío guanajuatense.

Palabras clave: nopal verdura, adaptación, Bajío

Introducción

El nopal es uno de los cultivos que a lo largo de la historia en México se ha empleado para la producción de nopal verdura (brotes tiernos), fruta (tunas), forraje y producción de grana cochinilla en la obtención de colorante (Reyes y Aguirre, 1999; Sáenz, 2006); además de que tiene un papel ecológico vital en la recuperación de suelos deforestados y puede emplearse como cerca viva. Actualmente destaca su uso como alimento, debido a las propiedades que se le han atribuido, entre ellas, la de control de índices glucémicos, como fuente de fibra, confiere protección a la mucosa gastrointestinal de la producción excesiva de ácido gástrico, entre otros usos terapéuticos y su destacado uso en la industria y en el ámbito cultural (Sáenz, 2006). Los orígenes de la producción de nopal en la región de El Bajío del estado de Guanajuato se remontan a las nopaleras silvestres domesticadas en huertas familiares y ofertadas dentro de las comunidades locales. Las principales especies de uso comercial son *O. ficus-indica*, *O. amychlaea*, *O. megacantha*, *O. leucotricha*, *O. streptacantha*, *O. robusta*, *O. cantabrigiensis*, *O. rastrea*, *O. lindheimeri* y *O. leptocaulis* (López-García *et al.*, 2003). Los municipios de la región de el Bajío de Guanajuato que se dedican a la producción de nopal verdura en el año 2017 fueron Salamanca, Pénjamo, Jerécuaro, Villagrán, Tarimoro, Salvatierra, Apaseo El Alto, Apaseo El Grande, León, Silao de La Victoria, Cortazar y Coroneo, con una superficie sembrada de 249.50 ha y una producción de 6,121 t (SIAP, 2015). Actualmente el nopal de Guanajuato abastece al mercado nacional, aunque en mayor proporción al mercado local en las centrales de abasto de las ciudades de Salamanca, Irapuato, León y Celaya (INDESOL, 2014). Aunque no existen datos concisos con respecto a las exportaciones que realiza Guanajuato, el nopal producido en este estado, principalmente





el que se produce en Valtierra, Salamanca, el cual pertenece a la variedad Valtierra, se envía a Alemania, Estados Unidos, Dinamarca y Canadá (Huerta, 2015). No obstante, este cultivo presenta limitaciones que afectan la producción y su coexistencia en las diferentes zonas productoras; las de mayor peso son: el escaso desarrollo tecnológico en la producción, limitado número de cultivares en huertos, que pocas veces son renovados, el bajo manejo agronómico y la incidencia de plagas y enfermedades, el desplazamiento y abandono de las huertas de nopal para dar paso a cultivos de mayor importancia económica, y la falta de materiales con características deseables por los mercados como variedades de maduración temprana o tardía, de pocas espinas y semillas, tolerantes a enfermedades y con máximos rendimientos (Méndez y García, 2006). Para la producción de nopal verdura, se han desarrollado materiales que se adaptan a condiciones de baja disponibilidad de agua, y cuyos cladodios presentan reducida acidez, cantidad de polisacáridos y espinas; en cuanto a materiales para forraje, se han realizado selecciones de genotipos sin espinas, en su mayoría silvestres, algunos como el Copena F1, permiten el doble o triple propósito y sus brotes son aprovechados como nopal verdura por no ser agrios, desprender poca baba y no tener espinas, al mismo tiempo producen frutos de buen tamaño y dulces, y se emplea como forraje de ganado ovino, caprino y vacuno (Robles-Contreras *et al.*, 2008).

En este sentido, con el apoyo de recursos fiscales del INIFAP en el año 2016 se realizaron actividades con el fin de establecer un sistema de producción de diferentes materiales de nopal para evaluar sus diferentes usos en la región del Bajío de Guanajuato. Por esta razón, durante 2016, se realizaron colectas de materiales de nopal en las principales zonas de producción y en la colección del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP y Sitio Experimental Norte de Guanajuato (SENGUA), con la finalidad de establecer una colección de nopal en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) y determinar materiales de nopal que se adapten a condiciones agroclimáticas del Bajío; posteriormente en una segunda y tercer etapa se pretende evaluar su adaptabilidad y producción para evaluar sus diferentes usos (agrícola, pecuaria y ecológicos) en la región del Bajío.





Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el lote 16 del CEBAJ, localizado a los 20°34'54.20" de latitud norte y 100°49'51.62" de longitud oeste, a una altitud de 1766 m, sobre un suelo del tipo vertisol que contiene 46.64% de arcilla, representativo de los suelos de El Bajío guanajuatense. El tipo de clima de esta región es semi-cálido-subhúmedo (A)C(w₀) (García, 1987), con temperatura promedio entre los 18 y 22°C y precipitación pluvial anual de entre 600 y 700 mm. En dicho lote, en noviembre de 2016 se establecieron 11 materiales de nopal (Cuadro 1), previamente clasificados con potencial para producción de verdura (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2006); dichos materiales son procedentes del banco de germoplasma del Campo Experimental Zacatecas localizado en Calera Víctor Rosales, Zacatecas.

Cuadro 1. Materiales de nopal verdura evaluados.

Clave	Nombre	Propósito
IM	Italiano Morado	Fruto y verdura
1-B	Cero Espinas	Verdura y forraje
VC	Verdura Calera	Verdura y fruto
CE-2	Copena 2	Verdura
3P	Triple Propósito	Verdura, fruto y forraje
V3	Verdura 3	Fruto y verdura
CPV-1	Copena V1	Verdura y forraje
Jade	Jade	Verdura
TM2	Tapón de Mayo	Verdura y forraje
PAB2	Pabellón 2	Verdura
TL	Tlaconopal	Fruto y verdura

Para el establecimiento del ensayo se seleccionaron cinco “raquetas” sanas y vigorosas, las cuales fueron sumergidas por 10 minutos en una solución de sulfato de cobre como tratamiento preventivo anti-fúngico. Después del tratamiento, las “raquetas” se dejaron secar a la sombra por tres semanas en un lugar ventilado hasta el momento de su siembra. La siembra se realizó colocando los cladodios con sus caras al este y oeste a 2.5 m de separación, sobre la parte media de camas de 1.35 m de ancho y 40 cm de alto, las cuales





fueron trazadas de norte a sur, sobre terreno preparado mediante un barbecho y dos rastreos.

Para evaluar la adaptabilidad de los materiales de nopal, a partir de su establecimiento y primeros brotes, cada seis meses se midieron las variables morfométricas: altura de la planta, longitud, ancho, área de los cladodios y espesor. En cada medición se evaluaron todos los cladodios de la planta y se obtuvo el promedio de cada lectura; además se colectaron datos de número de individuos muertos, altura de planta y como dato secundario, el número de tunas producidas en junio de 2018. Con los datos de brotes totales, largo y ancho de brotes, se calculó el Área Fotosintéticamente Activa (AFA), mediante la fórmula: $AFA = \text{largo del cladodio (cm)} \times \text{ancho del cladodio (cm)} \times 1.32$.

Las condiciones, fecha del plantío, control de maleza, así como el manejo fitosanitario, fueron similares para los materiales examinados.

El experimento se realizó bajo el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por un individuo. Los datos promedios se compararon por prueba T (de Student) a una significancia de 5%.

Resultados y discusión

El material Verdura Calera presentó mayor número de individuos muertos ($p < 0.005$), seguido de los materiales Italiano Morado y Tapón de Mayo 2, con un individuo muerto cada uno (Cuadro 2). Lo anterior se atribuye en mayor medida a las condiciones del suelo vertisol que contiene grandes cantidades de arcilla, el cual durante los periodos lluviosos almacena grandes cantidades de agua, lo que origina problemas de pudrición causados por hongos.

Respecto a la altura de planta, el material Jade con un promedio de 155 cm, mostró la mayor altura de planta ($p < 0.005$), seguido de los materiales Tlaconopal (TL) y Copena V1 (CPV-1); los materiales Calera Verdura (VC), Italiano Morado (IM) y Tapón de Mayo 2 (TM2) fueron los materiales de menor altura (Figura 1).





Cuadro 2. Individuos de nopal muertos desde el momento del establecimiento del ensayo.

Material	Diciembre-16	Junio-17	Dicimebre-17	Junio-18	Total
IM	0	0	0	1	1
1-B	0	0	0	0	0
VC	0	1	2	0	3
CE-2	0	0	0	0	0
3P	0	0	0	0	0
V3	0	0	0	0	0
CPV-1	0	0	0	0	0
Jade	0	0	0	0	0
TM2	0	1	0	0	1
PAB2	0	0	0	0	0
TL	0	0	0	0	0

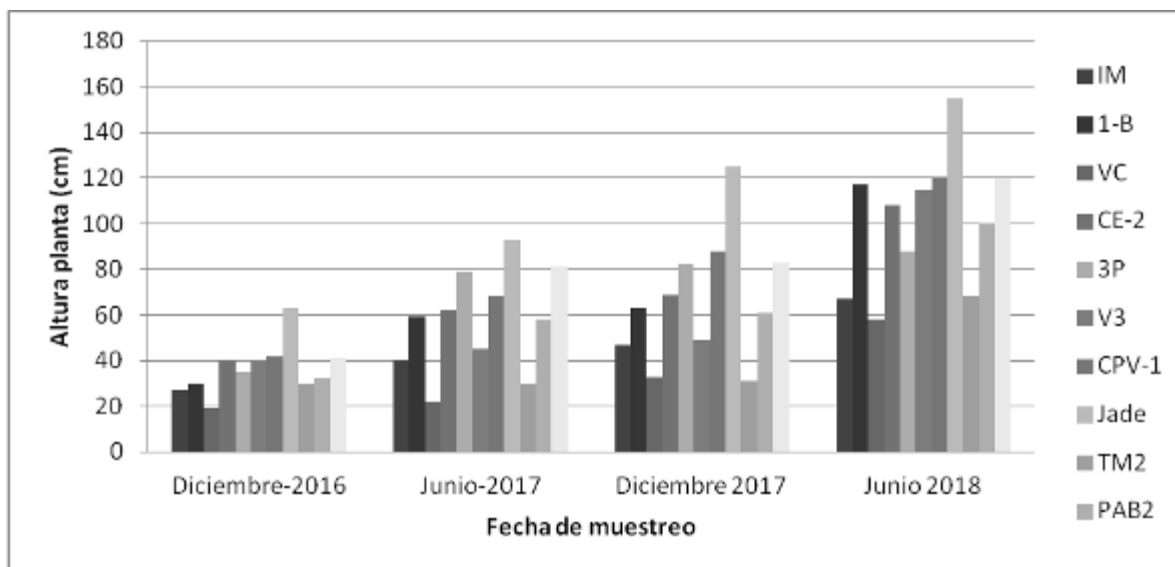


Figura 1. Altura de planta promedio de 11 materiales de nopal verdura evaluados en suelo típico de el Bajío.

En relación al AFA de los cladodios, se observó que después de 30 días de establecidos los materiales (Diciembre-17), el único material que presentó incremento en su AFA fue Jade. Este mismo material presentó grandes incrementos a los 210, 390 y 570 días posteriores a su establecimiento (Cuadro 3). Según García de Cortazar *et al.* (2001), valores superiores a $400 \text{ cm}^2/\text{activo}/\text{cm}^2/\text{suelo}$, permiten asegurar altas productividades de materia seca para el nopal. Con base a lo anterior, después de 390 días, Jade superó el requisito para considerarse de alta productividad, mientras que los materiales Cero Espinas (1-B) y





Tlaconopal (TL), requirieron 570 días para lograr este dosel. En cuanto al AFA, en todas las fechas de la evaluación, el material de nopal verdura Jade fue superior ($p < 0.05$) al resto de los materiales, por lo que se considera como un material con gran potencial de adaptación y productividad en suelos típicos de el Bajío guanajuatense.

Cuadro 3. Área Fotosintéticamente Activa de 11 materiales de nopal verdura evaluados en suelo típico de El Bajío guanajuatense.

Material	diciembre-17	junio-17	diciembre-17	junio-18	Total
IM	0	0	0	3	3
1-B	0	0	8	1003	1011
VC	0	0	0	0	0
CE-2	0	0	0	356	356
3P	0	0	63	80	63
V3	0	0	3	10	3
CPV-1	0	0	0	185	185
Jade	30	119	4013	1346	5478
TM2	0	0	0	0	0
PAB2	0	0	0	0	0
TL	0	0	0	554	554

En cuanto al número de frutos, que fue considerado como parte secundaria de la evaluación, Jade con 57 presentó el mayor número de frutos ($p < 0.005$), seguido de Tlaconopal con 40. Los materiales IM, 1-B, VC, 3P, TM2 y PAB2, hasta el momento no han producido frutos. Considerando lo anterior y al igual que en el caso de cladodios tiernos, la variedad Jade fue la de mayor productividad, seguida de Tlaconopal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número promedio de frutos producidos por 11 materiales de nopal verdura evaluados en suelo típico de el Bajío guanajuatense.

Material	junio-18
IM	0
1-B	0
VC	0
CE-2	6
3P	0
V3	1
CPV-1	5





Continúa Cuadro 4...

Material	junio-18
Jade	57
TM2	0
PAB2	0
TL	40

Conclusiones

1. Jade fue el material de nopal de mayor adaptación y productividad en un suelo arcilloso del tipo vertisol, típico de la región de El Bajío guanajuatense. 2. Aun cuando Cero Espinas (1-B) y Tlaconopal (TL) tardaron mayor tiempo en lograr alta productividad de nopal verdura, son variedades que tienen potencial, para su establecimiento en suelos típicos de el Bajío guanajuatense. 3. Los materiales Verdura Calera (VC), Italiano Morado y Tapón de Mayo (TM-2) fueron los de menor adaptación a las condiciones de el Bajío guanajuatense.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo recibido por parte del INIFAP para el financiamiento del proyecto fiscal: Buenas prácticas agrícolas para la producción del nopal verdura y tuna en el centro de México. Un agradecimiento especial al Dr. Luis Roberto Reveles Torres por haber donado el material vegetal de nopal y su gran disponibilidad para la realización del presente proyecto.

Literatura citada

Gallegos-Vázquez, C., R. D. Valdez-Cepeda, M. Barrón-Macías, A. F. Barrientos-Priego, J. Andrés-Agustín y R. Nieto-Ángel. 2006. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso como hortaliza del banco de germoplasma del CRUCEN-UACH. Revista Chapingo Serie Horticultura <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912107>> [consultado el 30 de junio de 2018].





- García de Cortazar, V., M. T. Varnero and M. Espinosa. 2001. Effect of biofertilizer over photosynthetically active area, cladode production and nitrogen recovery efficiency in cactus pear crop (*Opuntia ficus indica* L.) on the first year after plantation. J. PACD. 4:93-104.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130 p.
- Huerta, J. 2015. Radiografía del nopal Made en Guanajuato. http://wradio.com.mx/radio/2015/04/28/nacional/1430240100_738131.html [consultado el 8 de julio de 2016].
- INDESOL (Instituto Nacional de Desarrollo Social). 2014. Manual para el cultivo, producción y uso del nopal en huertos familiares con fines de autoconsumo y desarrollo sustentable en la comunidad de Nuevo Jesús del Monte, municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato. INDESOL. Guanajuato, México. 22 p.
- López-García, J. J., J. M. Fuentes-Rodríguez y A. Rodríguez-Gámez. 2003. Producción y uso de *Opuntia* (nopal) como forraje en el centro-norte de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s08.htm>.
- Méndez, G. S. J. y J. García H. 2006. La tuna, producción y diversidad. CONABIO. No. 68. México.
- Reyes, A. J. A. y J. R. Aguirre R. 1999. Etnobotánica de *Opuntia* en la altiplanicie meridional de México. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 20 p.
- Robles-Contreras, F., R. Macías-Duarte y R. L. Grijalva-Contreras. 2008. Tecnología de producción de nopal verdura para el noroeste de Sonora. Folleto Técnico. SAGARPA. INIFAP. México. 48 p.
- Sáenz, C. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola. Nopalitos. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccionagricola-por-estado/>





INFORMACIÓN DE MERCADOS Y RENTABILIDAD EN EL CULTIVO DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.)

Sergio Orozco Cirilo^{24*}, Nicolás Ortega García²⁴ y Juan Antonio Bautista²⁵

Resumen

La producción de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en Salvatierra, Gto., México, presenta una fuerte caída durante el último lustro, debido fundamentalmente a problemas de productividad, mercados y rentabilidad. Con base en los últimos dos aspectos, la investigación tuvo por objetivo validar el impacto de la información de mercados, sobre los precios de venta y rentabilidad obtenida por productores de cacahuete en ese municipio. Las siguientes variables fueron analizadas durante 2014: 1) Nivel de información de mercados; 2) Precios de venta; 3) Valor actual neto al 12% de interés anual y 4) Tasa interna de retorno. A una muestra aleatoria de 26 participantes en sesiones de información de mercados y a un grupo testigo de igual tamaño, se aplicaron cuestionarios al inicio y final del estudio. El análisis de normalidad se realizó con la prueba de Shapiro Wilk y el de homocedasticidad con la prueba de Levene. En virtud de detectarse distribución normal y homocedasticidad, se aplicó la prueba de “t” de Student, para contrastar datos pareados. Se encontró que las cuatro variables analizadas presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), exclusivamente en participantes en sesiones de información de mercados y también correlación ($p \leq 0.05$); pero los productores no participantes en las sesiones de información de mercados o grupo testigo, no mostraron cambios positivos en el momento final. Estos resultados muestran que el aumento en la información de mercados, incrementa los precios de venta y la rentabilidad en pequeños productores de cacahuates. Finalmente, a pesar de los resultados obtenidos, resulta relevante realizar nuevas investigaciones con otros productos agrícolas y pequeños productores, bajo similares y/o diferentes geografías físicas

²⁴ Departamento de Estudios Sociales. División de Ciencias Sociales y Administrativas. Campus Celaya-Salvatierra, Sede Salvatierra. Universidad de Guanajuato. *orozcosergio@yahoo.com.mx

²⁵ Departamento de Estudios Multidisciplinarios. División de Ingenierías. Campus Irapuato-Salamanca. Sede Yuriria, Universidad de Guanajuato.





y humanas, pero con información de mercados comercialmente útil e hipotéticamente, es necesaria la inversión en un sistema de información de mercados moderno y eficiente, que divulgue información de mercados confiable, oportuna y entendible respecto a oferta y demanda de productos agrícolas, utilizando medios masivos de difusión. Se concluye que el incremento en la información de mercados, aumenta los precios de venta y la rentabilidad económica en ese municipio.

Palabras clave: comercialización de cacahuete, mercadeo, precios agrícolas

Introducción

La FAO (2001) definió un Sistema de Información de Mercados (SIM) como un servicio administrado generalmente por el sector público, comprometido con la recolección regular y permanente de información sobre precios y, en algunos casos, sobre cantidades de productos ampliamente comercializados en mercados de acopio de áreas rurales, mayoristas, o minoristas, y con su difusión oportuna y regular, a través de distintos medios de comunicación entre productores, transportadores, comerciantes, funcionarios públicos, diseñadores de políticas económicas y consumidores. En este sentido, es importante para quienes toman decisiones, no solo desde la oferta, sino también desde la demanda (Lam, 2010). Un SIM puede tener múltiples beneficios para los pequeños productores: 1) Aumento de la capacidad de negociación, 2) Reducción de costos, 3) Cambio a patrones de cultivos más rentables, 4) Retener productos hasta lograr aumentos en el precio y recurrir a diferentes mercados y comerciantes (Shepherd, 2000), 5) Provee beneficio social (Kizito, 2009), 6) Aumenta la rentabilidad y competitividad (Lam, 2010) y, 7) Los tomadores de decisiones pueden detectar regiones con riesgos de inseguridad alimentaria (Ferris *et al.*, 2006). Es evidente que la información de mercados resulta estratégica, dado que el conocimiento es una fuente de ventajas competitivas cuando logra aumentar la productividad (Porter, 1999) y su ausencia constituye una fuerte barrera, tanto para la producción, como para el comercio. No obstante, las potenciales ventajas, un elevado porcentaje de pequeños productores agrícolas padece los estragos de la falta de información de mercados, debido





principalmente a la carencia de una cultura empresarial para buscar información durante el proceso de toma de decisiones y, sobre todo, por la ausencia de una estrategia de promoción de la información de mercados agrícolas (Shepherd, 2000). Sin embargo, no puede esperarse que la información de mercados sea perfecta, dado que uno de los factores que con más frecuencia cambia, es el precio de los productos, por lo que los SIM ponen énfasis en el monitoreo constante de éstos (Lam, 2010). Acorde a la teoría económica, los precios son el resultado del funcionamiento de los mercados y son determinados por la oferta y la demanda, por tanto, son los únicos que armonizan los intereses en conflicto de productores y consumidores. De acuerdo con Alvarado y Cruzado (2003), el factor más importante que puede influir sobre la rentabilidad agrícola, es el precio de los productos: un aumento generalizado del 10% en los precios agrícolas haría rentable a los pequeños y medianos productores empresariales que operan con pérdidas; mientras que un incremento generalizado del 20%, incorporaría a productores de sobrevivencia al grupo que obtienen ganancias. Sin embargo, cuanto más elevados sean, se constituyen en un obstáculo para los consumidores; a pesar de ello, no es despreciable la mejora de la rentabilidad mediante incrementos de los rendimientos. Obviamente, mejorar rentabilidad vía rendimientos es más complicado que hacerlo vía incrementos de precios (Alvarado y Cruzado, 2003). Adicionalmente, los SIM tienen antecedentes de ser ineficaces, especialmente cuando se administra por el sector público, quien carece del enfoque comercial requerido; la información se difunde por lo general muy lentamente, en el formato equivocado, han demostrado repetidamente ser insostenibles, y donde han perdurado, con frecuencia no han logrado suministrar consejos comercialmente útiles y se han limitado a reunir estadísticas, que a menudo tienen poca utilidad (Shepherd, 2000; World Bank, 2007). En México, la información de mercados provee datos diarios e información histórica sobre márgenes de comercialización, precios al mayoreo, al consumidor e internacionales, además de sus variaciones estacionales (SIAP, 2009). El presente estudio busca validar en pequeños productores de cacahuete, el impacto de la información de mercados sobre los precios de venta y la rentabilidad económica, en el municipio de Salvatierra, Gto., México.





Materiales y métodos

El trabajo inició con la búsqueda de información científica en las bases de datos: PubMed, EconLit, JSTOR, ISI Web of knowledge, Scirus y Google Académico. Los términos de búsqueda fueron: market information, food prices, food demand, income farm y agricultural profitability. Todos los artículos obtenidos fueron revisados y clasificados por relevancia. Esta actividad se realizó con el objetivo de identificar el estado de arte respecto a estudios publicados en el mundo sobre las relaciones existentes entre información de mercados, precios de venta y rentabilidad agrícola. Se continuó con la búsqueda de publicaciones sobre cómo medir económicamente el impacto de la información de mercados y se encontró con base en Stigler (1961), Blake (1979) y Bonnen (1986), que el valor de la información de mercados debe ser medido, considerando el beneficio obtenido, usando información de mercados, menos el beneficio obtenido sin información de mercados, menos el costo por obtener dicha información; esta propuesta fue utilizada también por Aldridge (1992). Al encontrar relevancia y viabilidad de estudio en el tema, se procedió a realizar una evaluación rápida inicial del sistema de mercadeo existente en el lugar, con el fin de diagnosticar las prioridades respecto a información de mercados. Las siguientes interrogantes fueron hechas en este momento: ¿Que cultivos y variedades deben cubrirse?, ¿Qué calidades y cantidades requieren los mercados?, ¿Qué pesos, medidas y presentación debe llevar el producto?, ¿Qué tan frecuente y por qué medio necesitan los productores recibir la información?, ¿Estarán los productores en capacidad de aprovechar adecuadamente la información, o requieren apoyo de algún servicio adicional de mercadeo? Una vez priorizadas las necesidades de información, se obtuvieron precios de venta en la página <http://www.economia-sniim.gob.mx/> y se compulsó en las centrales de abasto de Iztapalapa, Cd. de México, Celaya, Gto. y Querétaro, Qro., dado que representan los principales destinos del producto. Esa información fue divulgada a 26 productores interesados, e intencionalmente no se proporcionó esta información al grupo testigo.

El primer aspecto metodológico consistió en conformar dos estratos: 1) Participantes en información de mercados (PIM) y 2) No Participantes en información de mercados (NPIM) o grupo testigo. El grupo participante se conformó por 26 productores de cacahuate con interés por la información de mercado y con cierta homogeneidad respecto a insumos, capital, e





infraestructura de mercado: costales para envase, camiones, apuesta al riesgo e innovadores. Se buscó trabajar con pequeños productores, cuya principal limitante en el proceso de comercialización la constituía la información de mercados. Se procuró que ambos fueran inicialmente homogéneos respecto a las variables: a) Nivel de información de mercados; b) Valor actual neto (VAN) al 12% de interés anual; y c) Tasa interna de retorno (TIR) en la producción de cacahuate. Las tres variables mencionadas se analizaron al inicio y final de las sesiones con PIM durante un año. Resulta justificable estudiar estas variables, debido a que el aumento en los precios de venta incrementa los ingresos por tratarse de un producto con demanda inelástica y ello, aumenta la rentabilidad económica. Con base en estratos homogéneos respecto a las tres variables de estudio, en el momento inicial, se implementaron sesiones de información de mercados con PIM y se buscaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el número de sesiones y aprovechamiento de las mismas, otorgadas a PIM, pero también se trató de minimizar en lo posible la incidencia de variables externas. De esta forma, garantizamos que si en los dos estratos todo fue igual menos la exposición a la información de mercados, es muy razonable afirmar que las posibles diferencias finales entre estratos, obedezcan a la influencia de esa variable. Finalmente se proporcionó a PIM un intervalo de 20 sesiones durante un total de 30 días e intencionalmente cero sesiones para NPIM. Con las sesiones a PIM, el objetivo central consistió en aumentar y actualizar la información de mercados, para observar la respuesta final respecto a precios de venta, VAN y TIR en los dos estratos de estudio.

Población, muestra y obtención de la información

En virtud que el diseño completamente aleatorio utilizado en ambos estratos de la presente investigación prefiere estratos de igual tamaño (Pagano, 2006), se tomó una muestra completamente aleatoria de tamaño $n_2 = 26$ en NPIM, de una población previamente homogeneizada de $N_2 = 52$. En realidad, este último estrato fue de mayor tamaño, pero solamente 26 tenían comportamientos homogéneos, a nivel intra e inter, respecto a la variable nivel de información de mercados, precios de venta, VAN y TIR, así como otras variables externas tales como: edad, género, superficie sembrada de cacahuate, infraestructura productiva y de mercados, así como actitud innovadora en mercados. En este contexto, en la etapa inicial fueron aplicados 52 cuestionarios en marzo de 2015 como línea





base para ambas variables. Una vez homogenizados los estratos y obtenida la muestra en NPIM, se procedió a la manipulación de la variable: nivel de información de mercados, mediante el otorgamiento de diferentes sesiones sobre información de mercados por estratos. Esta actividad se realizó en octubre de 2017. En este momento final, se aplicaron un total de 52 cuestionarios: uno a cada participante inicial en ambos estratos. La medición de la información de mercados se efectuó mediante evaluación teórico-práctica aplicada en ambos estratos con escala de 0 - 100. El conocimiento inicial y final se midió con base a la información sobre precios, variedades, cantidades y calidades ofrecidas y demandadas que los productores conocían del mercado, al inicio y final de las sesiones de EC.

Tratamiento estadístico

El procesamiento estadístico se realizó con el paquete SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). De inicio, se procedió a conocer en los momentos inicial y final, la distribución de probabilidades de las variables: a) Nivel de información de mercados, b) Precios de venta, c) VAN, y d) TIR obtenida en cacahuate para ambos estratos mediante las pruebas: 1) De contraste χ^2 de Pearson, 2) de Shapiro Wilk y 3) Prueba de Levene, para detectar la homocedasticidad, la cual salió finalmente positiva. En virtud que ninguna variable presentó distribución normal, en alguna de las dos pruebas, se obtuvo un comportamiento normal, mediante las transformaciones: logarítmica $\ln(x)$, \sqrt{x} , $1/x$, así como $\arcsen.\sqrt{p}$. Finalmente se aplicó la prueba "t" de Student, para contrastar datos pareados y muestras independientes para comparar contra ($p \leq 0.05$) y decidir la significancia. En congruencia con Pagano (2006) es considerada una prueba ideal, cuando se trata de comparaciones iniciales y finales que presentan distribución normal. La hipótesis nula (H_0) planteó que la VAN y TIR final, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en ambos estratos, independientemente del aumento en el nivel de información de mercados. La hipótesis alternativa (H_a), planteó lo contrario.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2, se muestra que en los valores iniciales no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en los dos estratos, respecto a las cuatro variables de estudio. Esto muestra que





ambos estratos fueron homogéneos al inicio de la investigación. Si partimos de la homogeneidad inicial, y considerando que fueron otorgados 20 sesiones informativas a PIM; cero a NPIM y se redujo al máximo la incidencia de variables externas, resulta evidente observar diferencias significativas ($p \leq 0.05$) únicamente en el nivel de información de mercados en el momento final de los PIM. Es necesario precisar que los NPIM no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en esa variable, dado que no tomaron sesiones de información de mercados. En el momento final se observaron diferencias significativas respecto a precios de venta, VAN y TIR ($p \leq 0.05$) en los PIM, respecto al momento inicial.

Cuadro 2. Valores iniciales y finales de las variables: nivel de información de mercados, precios de venta, valor actual neto y tasa interna de retorno en el municipio de Salvatierra (n= 52).

Variables	Estratos	Valores (Promedio \pm DE)	
		Iniciales	Finales
Nivel de información de mercados	PIM	6.41 \pm 0.74 (a)	38.10 \pm 18.72 (b)
	NPIM	6.61 \pm 0.62 (a)	6.59 \pm 0.39 (a)
Precios de venta	PIM	2.29 \pm 0.00 (a)	2.86 \pm 0.00 (b)
	NPIM	2.29 \pm 0.00 (a)	2.34 \pm 0.09 (a)
Valor actual neto	PIM	-2,226.45 \pm 56.64 (a)	2,214.18 \pm 922.05 (b)
	NPIM	-2,261.52 \pm 69.58 (a)	-2,322.11 \pm 61.40(a)
Tasa interna de retorno	PIM	-0.82 \pm 0.05 (a)	2.74 \pm 0.73 (b)
	NPIM	-0.85 \pm 0.06 (a)	-0.90 \pm 1.42(a)

Letras iguales indican que no existe diferencia significativa; letras diferentes muestran diferencia significativa ($p \leq 0.05$). El Nivel de información de mercados se expresa en escala de 0 - 100. El Valor actual neto en \$/ha con una tasa de interés del 12% anual. La Tasa interna de retorno se expresa en porcentaje. PIM= Participantes en información de mercados. NPIM= No Participantes en información de mercados. DE= Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

Sin duda los resultados finales obtenidos respecto a precios de venta, VAN y TIR en los PIM, obedecen al incremento en el nivel de información de mercados. Tal situación no existiría sin aumentos significativos en información de mercados, dado que, de acuerdo con IFAD (2011), la información de mercados es la base para la toma de decisiones y planeación adecuada,





mismas que se expresan mediante variaciones en los precios de los productos. Bosc y Eychenne (2003) sostienen que la información y capacitación a pequeños productores sigue siendo un componente central de las estrategias para reforzar el precio y la rentabilidad de los pequeños productores y sus organizaciones. En lo que respecta a las diferencias significativas encontradas entre nivel de información de mercados, precios de venta, VAN y TIR, los resultados no tienen marco de comparación, porque de acuerdo con la revisión en las bases de datos Cabdirect, Scirus, Jstor, ISI Web of Science y Google Académico, no se encontró artículo alguno que relacione simultáneamente las cuatro variables.

Acorde a los resultados obtenidos y en congruencia con IFAD (2011) puede ser exitoso el suministro de información de mercados basado en nuevas tecnologías de comunicación. Al respecto, la radio FM ha resultado exitosa en Uganda (Svensson y Yanagizawa, 2009). Estas tecnologías pueden reducir las asimetrías de información, aumentar el poder de negociación de los agricultores, y bajar considerablemente los costos de transacción y riesgos (Giovannucci y Sheperd, 2001). Sin embargo, de acuerdo con Markelova y Meinzen-Dick (2006) y World Bank (2007), los pequeños productores no solamente enfrentan restricciones respecto a información de mercados; sino también de índole tecnológicas, de crédito, transportes, tendencias del mercado, reducida capacidad de negociación y sistemas organizativos débiles. Benz *et al.* (2006) señalaron que sus requerimientos no sólo están determinados por las necesidades de información, sino también, por los vínculos sociales, el acceso al crédito, las modalidades de pago y medios de transporte. Por las múltiples variables que interactúan, debe tenerse en cuenta que el problema de comercialización es complejo y sin la atención integral, ninguna metodología será capaz de solucionarlo por sí sola. La información de mercados solamente constituye una potencial herramienta metodológica de gran utilidad, para apoyar procesos de mercadeo rentable en regiones con pequeños productores de cacahuete.

Conclusiones

1. Los productores no participantes en las sesiones de información de mercados (NPIM), no aumentaron su nivel de información de mercados, precios de venta, VAN, ni TIR en el





momento final; el grupo participante en información de mercados (PIM) aumentó su nivel de información de mercados y alcanzaron incrementos estadísticamente significativos en las mismas variables. 2. El aumento en la información de mercados, incrementa los precios de venta y la rentabilidad en pequeños productores de cacahuete. 3. Es necesario identificar las necesidades iniciales de información de mercados, para estar en condiciones de satisfacerlas en tiempo y forma. 4. La información de precios sería mucho más útil, si se acompaña con información adicional, tal como cantidades disponibles en el mercado, pronósticos de oferta y demanda y problemas climáticos. Es claro que la esencia de un adecuado servicio de información de mercados, consiste en que proporcione información comercialmente útil en forma oportuna para los pequeños productores. 5. Finalmente, resulta relevante realizar nuevas investigaciones con otros productos agrícolas y pequeños productores, bajo similares y/o diferentes geografías físicas y humanas, pero con información de mercados comercialmente útil e hipotéticamente, es necesaria la inversión en un sistema de información de mercados moderno y eficiente que divulgue información de mercados confiable, oportuna y entendible, respecto a oferta y demanda de productos agrícolas, utilizando medios masivos de difusión.

Literatura citada

- Aldridge, K. M. 1992. A Framework for analyzing alternative institutional arrangements for the cereals market information system in Mali. East Lansing, MI. Tesis de maestría. Michigan State University. Michigan, USA.
- Alvarado, T. M. y E. Cruzado S. 2003. Sostenibilidad del financiamiento agrícola. Centro Regional de Estudios Económicos y Empresariales. Piura, Perú. 23 p.
- Benz, H. D., I. Wade and J. Egg. 2006. Market information and price instability: An insight into vegetable markets in Senegal. Proceedings of the 1st International Symposium on Improving the Performance of Supply Chains in the Transitional Economies Book Series: Acta Horticulturae 699:131-142.





- Blake, B. 1979. Evaluating the impact of food price reporting on retail food markets. Madison, Wisconsin, Research División. College of Agricultural and Life Sciences. University of Wisconsin-Madison. Madison, Wisconsin, USA. p. 15-27.
- Bonnen, J. T. 1986. Agriculture in the information age. Agricultural Institute of Canada. Canada 30 p.
- Bosc, P. and D. Eychenne. 2003. The role of rural producer organizations in the World Bank rural strategy. Rural Strategy Background Paper No. 8. The World Bank. Washington, DC, USA.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001. Interpretación y uso de la información de mercados. Guía de Extensión en Comercialización. Roma.
- Ferris, S., P. Robbins and V. Fautrel. 2006. Expert consultation on market information systems and agricultural commodities exchanges: Strengthening market signals and institutions. Proceedings of an expert meeting held in Amsterdam, the Netherlands. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). Working Document. Amsterdam, The Netherlands.
- Giovannucci, D. and A. Sheperd. 2001. Market information services. The Guide to Developing Agricultural Markets and Agro-enterprises. The World Bank. Washington, DC, USA.
- IFAD (International Fund for Agricultural Development). 2011. Rural poverty report 2011: New realities, new challenges, new opportunities for tomorrow's generation. Rome, Italy.
- Kizito, A. 2009. Estimating the benefits from improved market information. Submitted to Michigan State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Michigan State University. Department of Agricultural, Food and Resource Economics. Michigan, USA.
- Lam, F. 2010. Los sistemas de información de mercados agrícolas (SIMA) en las Américas. Desarrollo de los Agro-negocios y la Agroindustria rural en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 268 p.
- Markelova, H. and R. Meinzen-Dick. 2006. Collective action and market access for smallholders: A summary of findings. Research Workshop on Collective Action and Market Access for Smallholders. Cali, Colombia.





- Pagano, R. R. 2006. Estadística para las ciencias del comportamiento. 7^a ed. Thomson Editores. España.
- Porter, M. E. 1999. Ser competitivo. Nuevas aportaciones y conclusiones. DEUSTO S. A. Ediciones. España.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=319.
- Shepherd, A. W. 2000. Servicios de información de mercados teoría y práctica. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO No. 125.
- Stigler, G. J. 1961. The economics of information. *Journal of Political Economy* 69(3):213-225.
- Svensson, J and D. Yanagizawa. 2009. Getting prices right: The impact of the market information service in Uganda. *Journal of the European Economic Association* 7(2-3):435-445.
- World Bank. 2007. World development report 2008. Agriculture for development. The World Bank. Washington, DC, USA.





EFFECTO DE LA ROZA-TUMBA-QUEMA EN COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS DEL SUELO

Oscar Arturo Barreto García^{26*}, Rubén Darío Guevara Gutiérrez²⁶, Ma. Teresa Sandoval Madrigal²⁷,
José Luis Olguín López²⁶, Oscar Raúl Mancilla Villa²⁷ y José de Jesús Huerta Olague²⁸

Resumen

El sistema de roza-tumba quema (RTQ) tiene orígenes milenarios, el cual consiste en la interacción de fuentes de energía natural como el fuego, la acción humana y herramientas simples; esta práctica altera los ecosistemas en menor proporción que otros tipos de agricultura moderna; su efecto sobre las comunidades de macro-invertebrados no ha sido del todo documentado en agricultura de ladera de temporal. El objetivo del trabajo fue conocer el impacto de la RTQ sobre la comunidad de macro-invertebrados en terrenos agrícolas de temporal en pendiente, comparándolo con zonas de selva baja caducifolia (SBC). Para ello se seleccionaron 12 parcelas, ocho con RTQ y cuatro en SBC; la unidad de muestreo fue 900 cm² a profundidades de 0-10 y 10-20 cm; la descripción fue mediante la colecta directa de individuos en suelo y hojarasca (identificados en campo y laboratorio) y correlacionados con características de textura, pH y materia orgánica del suelo. Los resultados manifiestan que el uso de la RTQ ocasiona ausencia de individuos en hojarasca pero no en el suelo; en este estrato no se manifiestan diferencias entre parcelas agrícolas pero sí respecto a la SBC que registró la mayor dinámica, riqueza y diversidad de individuos.

Palabras clave: Aguahedionda, maíz, selva baja caducifolia, mesofauna

²⁶ Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. *barreto.oscar@colpos.mx

²⁷ Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara.

²⁸ Investigador colaborador.





Introducción

El sistema de roza-tumba-quema (RTQ) tiene orígenes milenarios; consiste en la interacción de fuentes de energía natural como el fuego, la acción humana y herramientas simples; esta práctica altera los ecosistemas en menor proporción que otros tipos de agricultura moderna, como se ha reportado en estudios pioneros en la población indígena del trópico húmedo (Rappaport, 1975). Rojas (1989) reconoce la importancia histórica de la RTQ en el área cultural mesoamericana, principalmente en el sistema milpa, en el cual se siembra maíz junto con otros cultivos como frijol, calabaza y frutales; en conjunto representan los cuatro géneros cultivados más comunes del área cultural mesoamericana. Lara-Ponce *et al.* (2012) mencionan que esta práctica es un método utilizado para desmontar los terrenos y desmenuzar la vegetación, derribando con hacha los árboles grandes y cortando con machete los más delgados, que junto con los arbustos, hierbas y bejucos se le prende fuego o se deja pudrir e incorporar al suelo, para posteriormente realizar la siembra de cultivos. Es en este medio que se desarrolla la vida de innumerables animales que varían en tamaño (microorganismos o macro-organismos) que contribuyen a la capacidad productiva del suelo (Ortiz y Ortiz, 1980). Dentro de éstos Brown *et al.* (2001) incluyen los invertebrados notorios a simple vista que viven total o parcialmente dentro del suelo, o inmediatamente sobre él, por ejemplo: lombrices de tierra, termitas, hormigas, milpiés, ciempiés, arañas, escarabajos, gallinas ciegas, grillos, chicharras, caracoles, escorpiones, chinches y larvas de moscas y de mariposas, entre otros, que pueden incluir más de un millar de especies y diversidades en un sólo ecosistema, y que puede alcanzar densidades y biomas de más de un millón de individuos y más de una tonelada por hectárea. Estos organismos conforman cientos de especies y miles de individuos que ocupan un amplio rango de nichos ecológicos, importantes para el desarrollo y productividad del suelo, dependientes de la naturaleza y funciones específicas de las especies, así como de la influencia e interacción a factores del ambiente (Cassagne *et al.*, 2003; Cadet *et al.*, 2005). Lavelle *et al.* (1994) reporta que las poblaciones de macro-invertebrados en el suelo ejercen diferentes efectos en los procesos que determinan su fertilidad, regulando las comunidades de microorganismos responsables de la mineralización y humificación (control natural de poblaciones), en consecuencia, influyen en el ciclo de la materia orgánica y disponibilidad de nutrientes asimilables por las



plantas, contribuyen a la formación de agregados estables y constituyen una reserva de nutrientes potencialmente disponibles para las plantas. No obstante, se reconoce que la mayor parte de las prácticas o cambios en el uso de suelo reducen la abundancia y diversidad de macro-invertebrados edáficos. El objetivo del presente trabajo fue conocer el impacto que representa la roza-tumba-quema sobre las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, práctica empleada como parte de las actividades agrícolas culturales por las comunidades ubicadas en la cuenca de Aguahedionda del municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ejido de Aguahedionda, municipio Autlán de Navarro, Jal., México (19°52'41.38" LN y 104°22'56.83" LO) (Figura 1), a una altitud de 1418 m.

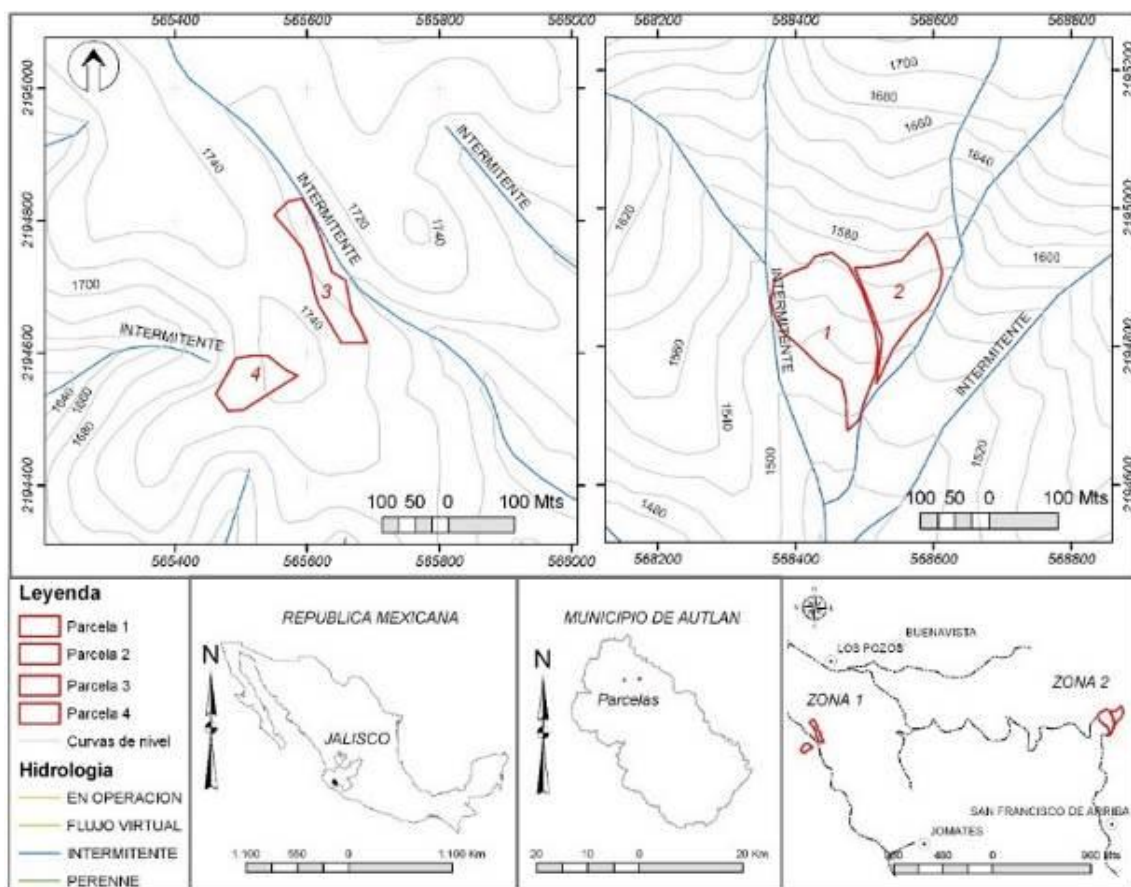


Figura 1. Ubicación de las parcelas en estudio, municipio Autlán de Navarro, Jal., México.



En campo se seleccionaron 12 parcelas, ocho bajo la práctica de RTQ (cinco en cultivos de maíz, una de maíz combinado con pasto, una de maíz con agave y una de pasto); y cuatro parcelas con vegetación de selva baja caducifolia (SBC) adjuntas a las parcelas cultivadas (que delimitaban dos o más parcelas cultivadas).

Para la colecta de muestras e identificación de la biología del suelo se emplearon bolsas de manta; se obtuvieron 26 muestras de suelo de 2 kg cada una, a profundidades de 0 a 10 y 10 a 20 cm, y nueve muestras de hojarasca de entre 100 y 500 g cada una, sobre cuadrantes de 30 x 30 cm, durante cuatro meses posteriores a la quema (abril, mayo, junio y julio). Los individuos de tamaño mayor a 2 mm se identificaron de manera directa y se registraron en el conteo general. La extracción de individuos de las muestras de suelo y hojarasca, así como la verificación de la identificación se realizó en el Laboratorio de Zoología del Departamento de Ecología y Recursos Naturales del Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSUR) de la Universidad de Guadalajara. Los individuos se preservaron en frascos con alcohol al 70%, excepto lombrices y enquitreidos, los que se conservaron en formol al 4%, para su posterior identificación. La clasificación taxonómica fue a nivel de orden, y algunos casos a familia, para lo cual se usaron guías entomológicas y claves dicotómicas, complementadas con revisión de literatura. Para conocer las diferencias entre unidades de muestreo (UM), se aplicó una prueba de *t* mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21. Para conocer la homogeneidad o heterogeneidad de las UM, se estimó el índice de riqueza específica de Margalef (1977):

$$Da = \frac{S - 1}{\log N}$$

Dónde: Da = Riqueza específica de especies; S = Número de especies; N = Número total de individuos. Valores ≤ 1.5 se consideran como baja riqueza específica y ≥ 2.5 de mayor riqueza. Se calculó el índice de diversidad H' que mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de las UM; donde a mayor valor de H' hay mayor diversidad de especies:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Dónde: H' = Número de especies (riqueza de especies); p_i = Proporción de individuos de las especies *i* respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie *i*).





Resultados y discusión

La actividad productiva en la que se fundamenta la economía de las comunidades del ejido se basa en la siembra de maíz para autoconsumo y venta local; pocos ejidatarios siembran pastos para su ganado; los propietarios en su mayoría recibieron apoyo gubernamental, a través de los programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO), utilizado principalmente para compra de maquinaria o insumos agroquímicos. Las parcelas se preparan mediante tracción animal y posteriormente la siembra se realiza a mano (tapa pie), y la siembra de pasto es al voleo. Esta zona se caracteriza por su elevada pendiente (20 a 50%), suelo poco profundo (<40 cm) y alto porcentaje de pedregosidad (>40%). Las muestras de suelo colectadas en todas las parcelas cultivadas presentaron pequeñas raíces (<2 mm). Los alrededores de las parcelas agrícolas son dominados por SBC, situación que hace suponer que para el establecimiento del cultivo hubo cambio de uso de suelo y deforestación. Los análisis del suelo realizado en parcelas con RTQ registraron pH de 6 a 8, y materia orgánica (MO) entre 0.07 a 1.23%, aunque las parcelas en combinación de maíz-pasto contaron con 1.62% de MO; en SBC, el contenido de MO fue de 1.09% promedio y pH de 7.2. Esparza *et al.* (2007) indican que estos resultados están directamente relacionados con el bajo número de órdenes de macro-invertebrados en el suelo (principalmente en monocultivos), debido principalmente a la baja cantidad de MO.

En las UM para ambientes alterados por RTQ, el rol funcional de suelo registró 27 individuos distribuidos en siete taxa (Cuadro 1), lo que implica un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles a las actividades agrícolas y menor número de organismos tolerantes o adaptables.

En SBC, el registro fue de 129 individuos distribuidos en 15 taxa (Cuadro 2); la distribución de individuos fue uniforme entre especies; se manifestó mayor riqueza y abundancia en Aranae (depredadores), Coleoptera e Hymenoptera, con capacidad de adaptación en casi todos tipos de ecosistemas; de estos dos últimos taxa, la mayor abundancia fue en detritívoros y la menor en omnívoros.





Cuadro 1. Macro-fauna encontrada en parcelas con RTQ, grupos funcionales y familias representativas presentes en Autlán de Navarro, Jal., México.

Grupo	No. especies	Grupos funcionales	Familias representativas
Gastropoda	6	fitófagos, detritívoros	Spiraxidae, Thysanophoridae
Hymenoptera	4	fitófagos, depredadores, detritívoros, omnívoros, nectarívoros, cultivadores de hongos	Formicidae
Orthoptera	1	rizófagos, fitófagos, detritívoros, omnívoros	Gryllidae
Oligochaeta	2	detritívoros, rizófagos, omnívoros	Ocnerodrilidae
Lepidoptera	2	fitófagos	Larva
Coleoptera	9	rizófagos, depredadores, detritívoros, fitófagos	Tenebrionidae, Carabidae, Cerambycidae, larva Scarabaeidae
Aranae	3	depredadores	Theridiidae, Araneidae
TOTAL	27		

Tomado de Brown *et al.* (2001).

Cuadro 2. Macro-fauna de artrópodos en selva baja caducifolia, grupos funcionales y familias representativas presentes en Autlán de Navarro, Jal., México.

Grupo	No. especies	Grupos funcionales	Familias representativas
Aranae	15	depredadores	
Coleóptera	16	rizófagos, depredadores, detritívoros, fitófagos	Carabidae, Elateridae, Staphylinidae, Chrysomelidae Melolonthidae, Curculionidae, Scarabaeidae, Tenebrionidae
Gasterópoda	8	fitófagos, detritívoros	Thysanophoridae, Megalomastomidae, Subulinidae, Spiraxidae.
Chilopoda	7	depredadores	Geophiliomorpha
Hemiptera Auchenorrhyncha	6	rizófagos, fitófagos, detritívoros	Cicadidae
Diptera	1	detritívoros	Otitidae
Diplopoda	4	detritívoros	
Dermaptera	2	detritívoros	Forfoculidae
Blattaria	5	detritívoros	Blatiidae
Lepidoptera	5	fitófagos	Noctuidae, Saturniidae,
Opiliones	6	depredadores	Stygnommatidae, Cosmetidae
Hymenoptera	32	depredadores	Formicidae
Hemiptera; Heteroptera	9	rizófagos, fitófagos, depredadores	Reduvidae, Antocoridae, Lagydae,
Orthoptera	10	Rizófagos, fitófagos, Detritívoros, Omnívoros	Acricridae, Gryllidae
Mantodea	3	Depredadores	Mantodea
TOTAL	129		

Tomado de Brown *et al.* (2001).





La mayor riqueza y diversidad en parcelas con RTQ fue en pasto con siete individuos y seis órdenes, la menor fue en parcelas de maíz (Figura 2).

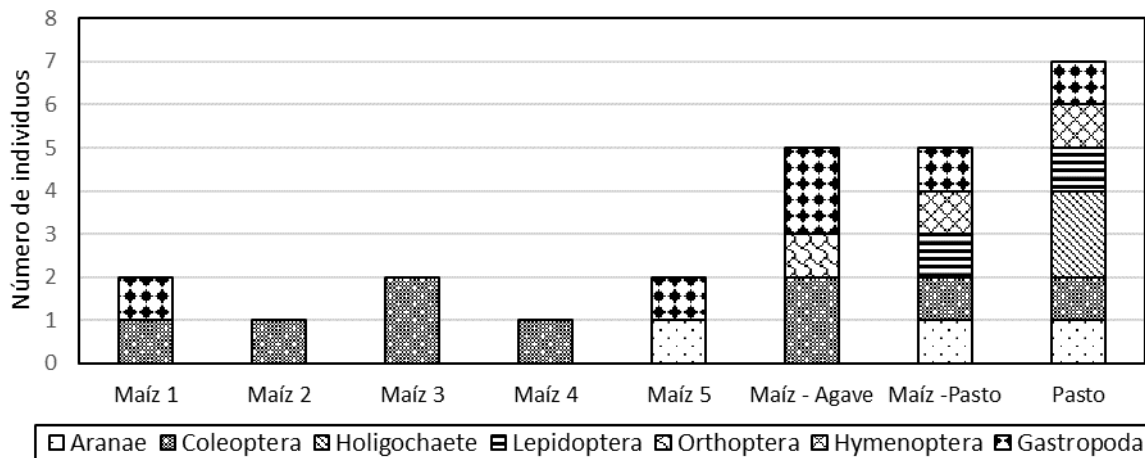


Figura 2. Distribución del número de individuos y órdenes de macro-artrópodos presentes en parcelas con RTQ.

Los órdenes de mayor abundancia fueron Coleoptera y Gastropoda, lo que reafirma su adaptación a sitios bajo sistemas productivos; el orden con mejor respuesta para su establecimiento post-combustión fue Aranae. En esta UM, la profundidad en la cual se encontró la mayor riqueza y diversidad fue de 0 a 10 cm ($H=1.390$), con 16 individuos distribuidos en seis órdenes (cuatro de Coleoptera, cuatro de Gastropoda, tres de Aranae, dos de Lepidoptera, dos de Hymenoptera y uno de Orthoptera); de 10 a 20 cm se contabilizaron 11 individuos y cuatro órdenes (cinco de Coleoptera, dos de Oligochaeta, dos de Hymenoptera y dos de Gastropoda) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de riqueza y diversidad por unidad de muestreo en Autlán de Navarro, Jal., México.

Índices	Roza-tumba-quema		Selva baja caducifolia	
	0-10 cm	10 – 20 cm	0-10 cm	10-20 cm
UM	16	11	78	51
Da General	6.288		6.633	
Da	4.152	2.881	7.4	4.1
H´	0.475	0.351	1.390	1.152



Para la SBC, la mayor riqueza fue a la profundidad de 0 a 10 cm (H=1.152) con 78 individuos distribuidos en 15 taxa; de 10 a 20 cm se colectaron 51 individuos y ocho taxa (Figura 3); los taxones de mayor riqueza fueron: Hymenoptera (32 individuos), Coleoptera (16), Araneae (15) y Orthoptera (10). Barreto *et al.* (2015) reconocen que estos taxa se adaptan en ambientes perturbados y no perturbados por ser especies generalistas. En vegetación ribereña y tierra de descanso con leguminosas, Esparza *et al.* (2007) reportan índices de diversidad de Shannon de H= cercanos a 2; en agro-ecosistemas con base en yuca, maíz, plátano y pastizal inducido, reportan valores de H cercanos a 1.7.

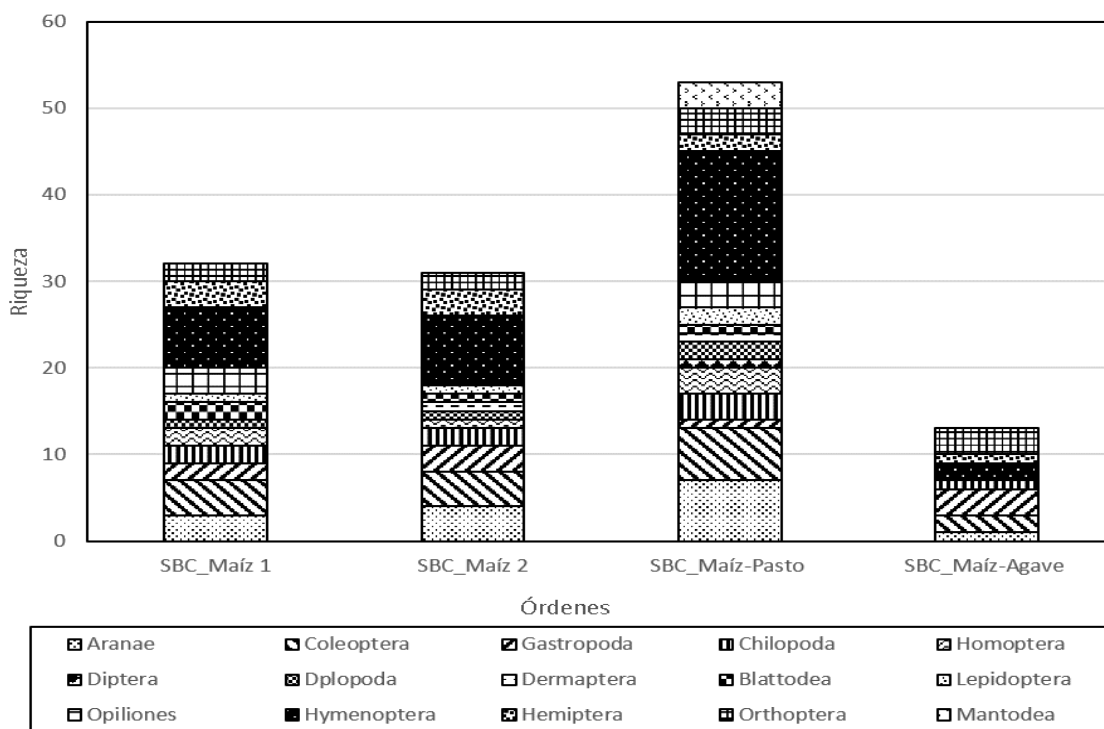


Figura 3. Distribución del número de individuos y órdenes de macro-artrópodos en zonas de selva baja caducifolia de Autlán de Navarro, Jal., México.

Wikars y Schimmel (2001) mencionan que el efecto inmediato de la presencia del fuego (un día después) sobre los invertebrados se manifiesta en la reducción del 10% de la población, en comparación con los individuos capturados un día previo del incendio, lo que resulta en un cambio en abundancia y composición del ensamblaje de invertebrados del suelo, con pérdidas iniciales y la colonización de algunos taxones posterior al fuego.



La comparación entre las parcelas agrícolas con RTQ y SBC manifiesta 65% más abundancia en la última UM. Vasconcelos *et al.* (2009) indicaron que la riqueza de algunos grupos de macro-invertebrados se reduce en sitios quemados, así como la riqueza de algunos grupos taxonómicos y la abundancia de algunos taxos de insectos y artrópodos, siendo Araneae la de mayor presencia y recuperación posterior a las quemadas. En zonas quemadas Castano-Meneses y Palacios-Vargas (2003) reportan 15 especies de hormigas (familia Formicidae), identificado como el grupo más abundante en el suelo. Para vegetación ribereña Esparza *et al.* (2007) reportan de ocho a nueve órdenes de macro-invertebrados, mientras que en agro-ecosistemas de yuca, maizal, plátano y pastizal inducido, el número de órdenes es inferior (de 1 a 5).

Conclusiones

1. Las muestras de biomasa de hojarasca en RTQ y SBC no registraron taxones de macro-invertebrados, no obstante, que la alta pedregosidad del suelo puede aislar individuos o artrópodos del calor excesivo o de la cremación, a la vez que, proporciona refugio para la sobrevivencia de algunos individuos en un núcleo efectivo para su recuperación, lo que reduce las necesidades de colonización post incendio. 2. No se manifestaron diferencias entre parcelas que emplean la práctica agrícola de RTQ, pero sí con aquellas que no tienen esta práctica; estas últimas presentaron mayor dinámica, riqueza y diversidad de macro-invertebrados del suelo en SBC, no así en el pH y contenido de materia orgánica. Probablemente la estructura de la cobertura, el movimiento del suelo mediante tracción animal, así como el manejo del suelo y el cultivo, sean los factores que influyen en un aumento de los indicadores de riqueza y diversidad de macro-artrópodos, ya que en las parcelas con RTQ se aplican agroquímicos y el suelo es removido mediante tracción animal. 3. El efecto del fuego permitió identificar a los arácnidos como los organismos con mayor adaptación a este manejo. Ante ello, se reconoce que la práctica RTQ no favorece la actividad biológica del suelo por reducir la disponibilidad del material orgánico.





Literatura citada

- Brown, G. G., C. Frago, I. Barois, P. Rojas, J. C. Patrón, J. Bueno *et al.* 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. *Acta Zoológica Mexicana* (número especial) 1:79-110.
- Cadet, P., D. Masse and J. Thioulouse. 2005. Relationships between plant-parasitic nematode community, fallow duration and soil factors in the Sudano-Sahelian area of Senegal. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 4:302-317.
- Cassagne, N., C. Gers and T. Gauquelin. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils* 37(6):355-361.
- Castano-Meneses, G. and J. G. Palacios-Vargas. 2003. Effects of fire and agricultural practices on neotropical ant communities. *Biodiversity and Conservation* 12(9):1913-1919.
- Esparza, H. L., J. Rodríguez-Olán, I. Evia-Castillo, E. Montejo-Meneses, M. Cruz-Mondragón y R. García-Hernández. 2007. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macro-invertebrados. *Terra Latinoamericana* 26:171-181.
- Lara-Ponce, E., L. Caso-Barrera y M. Aliphath-Fernández. 2012. El sistema milpa roza, tumba y quema de los maya itzá de San Andrés y San José, Peten Guatemala. *Ra Ximhai* 8(2):69-90.
- Lavelle, P., D. E. Bignell and M. Lepage. 1994. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33:159-193.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 951 p.
- Ortiz, V. B. y A. C. Ortiz S. 1980. *Edafología*. 3a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. p. 116-125.
- Rappaport, R. A. 1975. *El flujo de energía en una sociedad agrícola*. Scientific American Alianza Editorial. Madrid.
- Rojas, R. T. 1989. "La tecnología agrícola mesoamericana en el siglo XVI". *In: Historia de la Agricultura Época Prehispánica Siglo XVI*. Colección Biblioteca del INAH. México.
- Vasconcelos, H. L, R. Pacheco, R. C. Silva, P. B. Vasconcelos, C. T. Lopes, A. N. Costa, E. M. Bruna. 2009. Dynamics of the leaf-litter arthropod fauna following fire in a Neotropical woodland savanna. *PLoS One* 4(11):e7762.
- Wikars, L. O. and J. Schimmel. 2001. Immediate effects of fire-severity on soil invertebrates in cut and uncut pine forests. *Forest Ecology and Management* 141(3):189-200.





EFFECTO DE LA RADIACIÓN GAMMA (Co^{60}) EN CARACTERES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

Roberto De la Cruz Díaz-Juárez^{29*}, Abel Muñoz-Orozco²⁹, Marianguadalupe Hernández-Arenas³⁰, Amalio Santacruz-Varela²⁹, Edison Gastón Silva-Cifuentes³¹ y Eulogio De la Cruz-Torres³²

Resumen

El objetivo del trabajo fue provocar variación genética, para lo cual se evaluó el efecto de diferentes dosis de rayos gamma (Co^{60}) sobre la emergencia de yemas, características de planta en las variedades CP 72-2086 y MEX 69-290. Se aplicaron seis dosis de radiación: 0, 50, 70, 80, 90 y 100 Grey (Gy) a 100 yemas de cada variedad. Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.0. Se detectó significancia en diferentes caracteres en las variedades, en las dosis de radiación y en la interacción de ambos factores. Las variedades tuvieron diferente comportamiento, MEX 69-290 presentó mayor emergencia y CP 72-2086 mayor desarrollo en CL, NM y LE. Las dosis de 90 y 100 Gy causaron mayor efecto en los caracteres evaluados y la dosis de 50 Gy no mostró efecto. En las interacciones variedad por dosis de radiación, CP 72-2086, fue sensible en emergencia, AP y LE, y MEX 69-290 en CL, NM, AH, y AF. La tendencia de éstos fue disminuir conforme aumentó la dosis, provocando variación genética por la diferencia de sensibilidad de los caracteres a la radiación en los genotipos.

Palabras clave: características de planta, emergencia, sensibilidad, variación genética

²⁹ Colegio de Postgraduados. Recursos Genéticos y Productividad-Genética.

³⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatepec.

³¹ Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador.

³² Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Departamento de Biología. *diaz.roberto@colpos.mx





Introducción

Los programas de mejoramiento genético de la caña de azúcar se basan en realizar hibridación y seleccionar individuos con caracteres de interés agronómico en la progenie segregante durante varios ciclos, hasta la obtención de una nueva variedad. Otra manera de crear variación genética de manera rápida, es mediante el uso de la mutagénesis inducida. La mutagénesis inducida es el cambio en una o varias características morfológicas o fisiológicas de una especie, que se transmite a su progenie (De La Loma, 1973). Los agentes mutágenos físicos o químicos, producen cambios similares a las mutaciones naturales, en un tiempo relativamente corto y en mayor cantidad (Donini y Sonnino, 1998). El objetivo del trabajo fue provocar variación genética en caña de azúcar, para lo cual se evaluó el efecto de diferentes dosis de rayos gamma (Co^{60}) sobre la emergencia de yemas y características de planta en las variedades CP 72-2086 y MEX 69-290.

Materiales y métodos

Se utilizaron plantas de las variedades CP-72-2086 y MEX 69-290, la cuales que tenían 12 meses de edad. De cada tallo, se cortaron rodajas de 3 cm de espesor con una yema, los cuales se desinfectaron con Captan 5 g/L y se colocaron en papel aluminio en forma de tacos y se guardaron en un recipiente con tapa para evitar la deshidratación de éstas.

La irradiación de las yemas se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; se aplicaron seis dosis de radiación gamma: 0, 50, 70, 80, 90 y 100 Grey (Gy), a base de Cobalto 60 (Co^{60}) con el irradiador LGI-01 Transelektro. Cada dosis se aplicó a 100 yemas de cada variedad.

Las yemas irradiadas se sembraron individualmente en vasos de unicel No. 12, bajo el diseño bloques al azar con 20 repeticiones, en arreglo factorial 6 x 2 (seis dosis de radiación y dos variedades); la unidad experimental fue de un conjunto de cinco yemas, y se colocaron en un invernadero tipo malla sombra en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en donde se evaluó la emergencia de yemas. Dos meses después, se trasplantaron en campo en surcos de 1.2





m de ancho y 40 cm entre plantas, bajo el diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones, en arreglo factorial 6 x 2; la unidad experimental fue de 10 plantas. Se realizaron cuatro muestreos: al mes, seis, nueve y 12 meses, determinando altura de planta (AP en cm); contenido de clorofila (CL en unidades Spad); número de macollos por cepa (NM); longitud (LE en cm) y diámetro (DE en mm) del entrenudo medio del tallo y número de entrenudos del tallo (NE). Las variables AP y CL se evaluaron en los cuatro muestreos y el resto únicamente en dos. Se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.0.

Resultados y discusión

Efecto de la radiación gamma en la emergencia de yemas

En la emergencia, hubo diferencias entre las variedades, en las dosis de radiación y la interacción de ambos factores, lo que indica que hay efecto diferencial en esta variable de respuesta. La variedad MEX 69-290 fue superior a la CP 72-2086, con 55.7 y 30.8% de emergencia, respectivamente.

La dosis que mayor efecto causó fue 100 Gy; en ésta, apenas se alcanzó el 18% de emergencia de las yemas; la dosis de 50 Gy no difirió de 0 Gy (testigo), con 61 y 65%, respectivamente. Valdez *et al.* (2004b) al irradiar callos de caña, encontraron que la radiación afectó el crecimiento y desarrollo del callo en diferente grado, dependiendo de la dosis de radiación, mientras que en el tratamiento testigo, la regeneración de los callos fue del 100%. De igual manera, Fuchs *et al.* (2002) notaron que, con el aumento de las dosis de radiación, la capacidad de regeneración de los callos de caña se afectaba y disminuía el grado de diferenciación. En callos de caña, la capacidad regenerativa está determinada principalmente por el genotipo (Fuchs *et al.*, 2002; Valdez *et al.*, 2004b).

En la interacción de las variedades por las dosis radiación, el efecto de las diferentes dosis evaluadas fue la disminución de la emergencia en las variedades conforme ésta aumentó. La variedad MEX 69-290 no redujo entre 0 y 80 Gy, y en CP 72-2086 la redujo desde 50 Gy (Figura 1); es decir, fue más sensible a la radiación, lo que explica el bajo porcentaje de emergencia. En callos, Valdez *et al.* (2004b) consideraron la dosis de 30 Gy para la variedad



SP 70-1284 y Fuchs *et al.* (2002) mencionan 0 a 2 kilorads (Kr) para las variedades sensibles y de 2 a 4 para las menos sensibles.

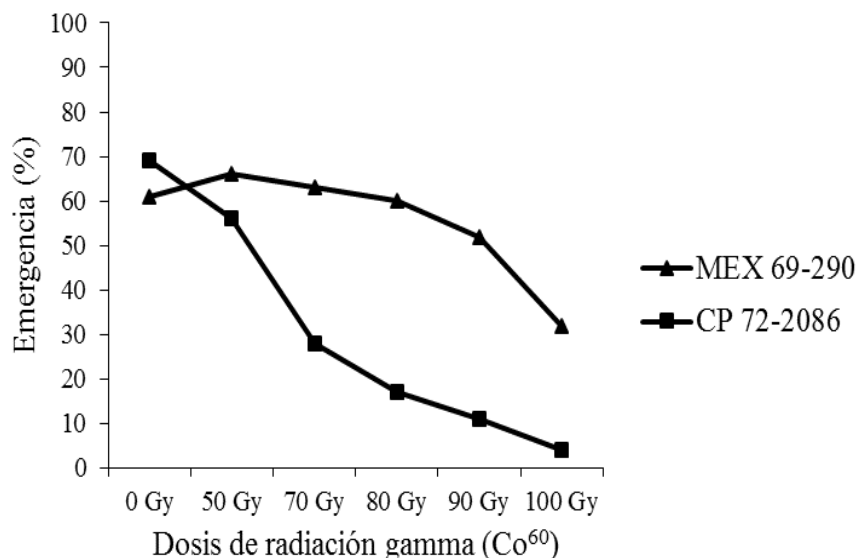


Figura 1. Interacción variedades por dosis de radiación en la emergencia de yemas. Gy=Grey.

Respecto a la diferencia entre las variedades, Fuchs *et al.* (2002) y Valdez *et al.* (2004b) mencionan que el genotipo es el factor de mayor importancia; aunque también la nutrición de la caña semilla, posición de la yema, tiempo de corte a siembra, presencia de vaina y la temperatura y humedad (Camargo, 1976; Súbiros, 1995). La tendencia de la emergencia fue similar a los resultados obtenidos por Fuchs *et al.* (2002), Valdez *et al.* (2004b) y Nikam *et al.* (2014; 2015) al irradiar callos de otras variedades de caña.

Efecto de la radiación gamma en caracteres de planta

En el análisis combinado (muestreos-variedades-dosis de radiación), entre muestreos hubo significancia en las variables: AP, CL, NM, NE y DE. En las variedades en: CL, NM y LE. En las dosis en: AP, NM, NE, LE y DE, lo que indica que éstas son sensibles a la radiación (Cuadro 1).

La diferencia entre los muestreos, es debido a que las plantas estaban creciendo y desarrollándose, por lo tanto, iban apareciendo nuevos órganos en la planta. La variedad CP 72-2086 fue superior en CL, NM y LE, mientras que en el resto de las variables tuvieron



comportamiento similar a la MEX 69-290; dicha diferencia puede deberse a que tienen diferente ciclo de desarrollo; CP 72-2086 es de ciclo precoz y MEX 69-290 es de ciclo intermedio.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del análisis combinado (muestreos-variedades-dosis de radiación) para caracteres evaluados en caña de azúcar en diferentes muestreos.

FV	GL	AP	CL	GL	NM	NE	LE	DE
Muestreo (M)	3	153159.2**	2338.6**	1	130.2**	545.0**	0.06 ^{NS}	67.5*
Variedad (V)	1	1047.0 ^{NS}	160.4**	1	246.3**	4.5 ^{NS}	38.0**	41.6 ^{NS}
Dosis (D)	5	13480.0**	2.7 ^{NS}	5	14.4*	29.3**	47.3**	149.6**
M*V	3	2327.9**	97.4**	1	138.5**	7.8 ^{NS}	1.3 ^{NS}	4.9 ^{NS}
M*D	15	676.8*	11.1 ^{NS}	5	16.6*	5.5 ^{NS}	1.9 ^{NS}	15.0 ^{NS}
V*D	5	915.8*	26.5**	5	17.2**	5.2 ^{NS}	11.2*	5.6 ^{NS}
M*V*D	15	193.1 ^{NS}	8.1 ^{NS}	5	7.5 ^{NS}	1.9 ^{NS}	2.06 ^{NS}	20.5 ^{NS}
Error	169	350.4	7.6	84	5.2	3.6	4.4	15.6
CV (%)		16.5	9.1		31.9	20.7	21.8	16.2

FV=factor de variación. GL=grados de libertad. AP = Altura de planta en cm, CL= Contenido de clorofila en unidades Spad. NM = Número de macollos. NE = Número de entrenudos. LE = Longitud del entrenudo medio en cm. DE = Diámetro del entrenudo medio en mm. CV = Coeficiente de variación. NS = No significativo. * = Significativo ($p \leq 0.05$). ** = Altamente significativo ($p \leq 0.01$). Nota: AP y CL se midieron en los cuatro muestreos, NM en el muestreo uno y dos, NE, LE y DE en los muestreos tres y cuatro.

Respecto a las dosis de radiación gamma, tuvieron efecto diferente en las variables respuesta; en AP la dosis que mayor efecto causó fue 90 Gy; en NM 80 y 90 Gy, y en NE, LE y DE 90 Gy. La tendencia de estos caracteres fue disminuir conforme aumentó la dosis de radiación gamma. De manera general, las dosis de 90 y 100 Gy fueron las más consistentes en mostrar efectos en el comportamiento de las plantas y la dosis de 50 Gy fue similar a 0 Gy. Únicamente en la variable CL, las diferentes dosis de radiación no tuvieron efecto significativo.

En las interacciones variedades por dosis de radiación, las variedades tienen diferente patrón de comportamiento en las variables AP, CL, NM y LE (Figura 2a, 2b, 2c y 2d). Estos caracteres son menos variables en la variedad MEX 69-290 en las diferentes dosis de radiación evaluadas, considerándose menos sensible a la radiación; mientras que CP 72-2086 tuvo mayor variación, por lo que es más sensible.



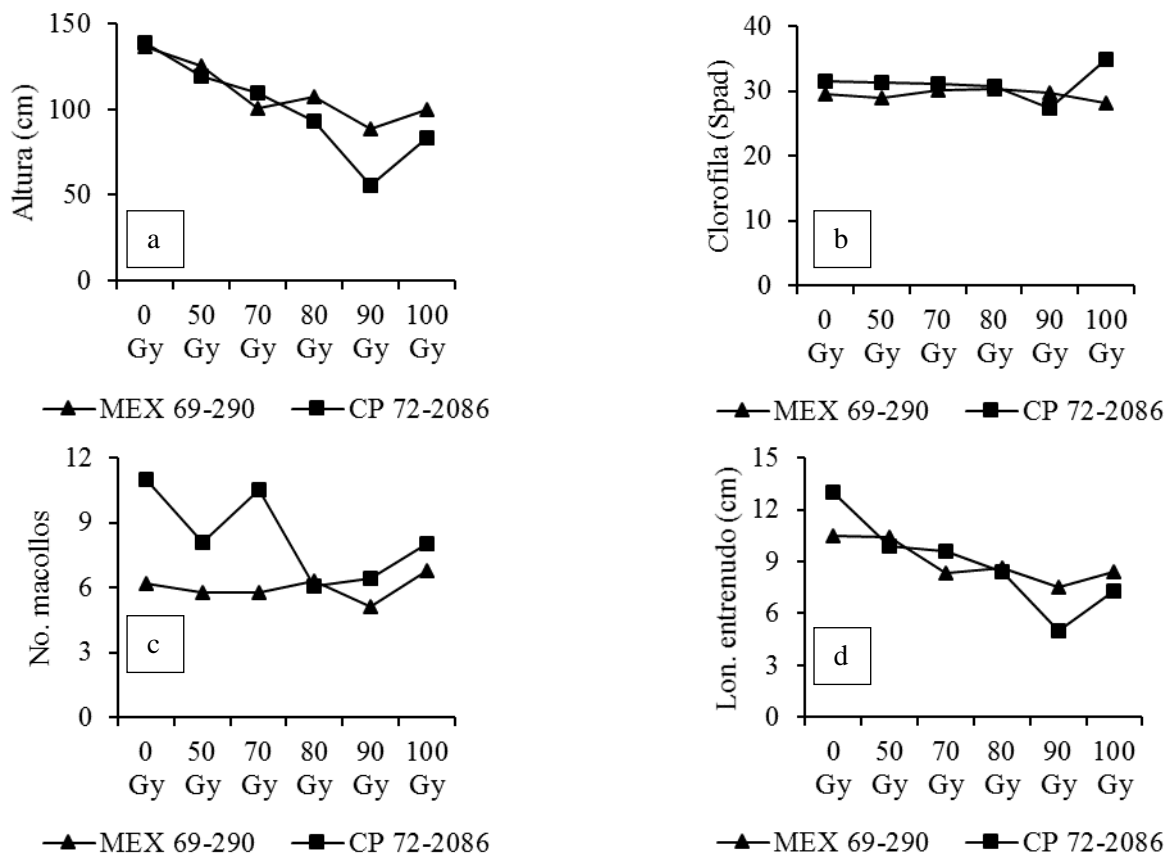


Figura 2. Interacción variedad por dosis de radiación en a) Altura de planta, b) Contenido de clorofila, c) Número de macollos y d) Longitud del entrenudo medio. Gy=Grey.

En las variables AP y LE, la tendencia fue disminuir conforme aumentó la dosis de radiación. En AP y LE la dosis de 90 Gy causó mayor efecto, considerándose éstos los más sensibles a la radiación.

La variable CL es más estable, la variedad CP 72-2086 es ligeramente superior a MEX 69-290; en la dosis de 100 Gy, la variedad CP 72-2086 tiende a aumentar y MEX 69-290 a disminuir. La superioridad de CP 72-2086 en CL es porque tiene mayor NM, lo que implica mayor extensión de la clorofila. NM no tiene un patrón definido, ya que en MEX 69-290 tiende a aumentar y en CP 72-2086 disminuye en 50 Gy, aumenta en 70 Gy y al final la tendencia es a aumentar (100 Gy). De manera general, en la mayoría de las variables evaluadas hubo respuesta diferencial entre las variedades, dosis de radiación y la interacción de ambos factores, y la tendencia de éstas fue disminuir conforme aumenta el nivel de radiación. Las dosis que mayor efecto causaron fueron 90 y 100 Gy, mientras que 50 Gy fue igual a 0 Gy (testigo). Aunque en las variedades hubo poca respuesta diferencial en las variables





evaluadas, la variedad CP 72-2086 fue la de mayor crecimiento y desarrollo. En las interacciones, las variedades estudiadas muestran diferente efecto.

Fuchs *et al.* (2002) encontraron diferencias entre las variedades de caña y dosis de radiación, así como una respuesta diferencial de las variedades con el incremento de la dosis. Valdez *et al.* (2004a) encontraron diferencias fenotípicas en plantas de callos irradiados con rayos gamma en altura de planta, color del tallo y resistencia a roya café, de éstos, el color del tallo fue el de mayor variación y asumen que se debió a las diferentes dosis de radiación. En otro estudio observaron variaciones botánicas en la planta como el color del tallo, el canal de la yema y la vellosidad de las vainas de las hojas (Valdez *et al.*, 2005). Fuchs *et al.* (2005) observaron baja frecuencia de variaciones morfológicas; dichas variaciones fueron en la forma de las yemas, el porte de la planta, desarrollo de yemas en nudos superiores y coloración del entrenudo.

Conclusiones

1. Las dosis de 90 y 100 Gy causaron mayor efecto en los caracteres evaluados y la dosis de 50 Gy no mostró efecto. El efecto causado tiene la tendencia de disminuir el carácter conforme aumenta la dosis de radiación. 2. Las variedades tuvieron diferente comportamiento; MEX 69-290 presentó mayor emergencia y CP 72-2086 mayor desarrollo en CL, NM y LE. 3. La variación genética se observa por la diferencia de sensibilidad de los caracteres a la radiación. En la interacción variedad por dosis de radiación, CP 72-2086 fue sensible en emergencia, AP y LE, y MEX 69-290 en CL, NM, AH, y AF. La tendencia de éstos fue disminuir conforme aumentó la dosis.

Literatura citada

- Camargo, P. N. 1976. Fisiología de la caña de azúcar. CNIA-IMPA. México, D. F. 59 p.
- De La Loma, J. L. 1973. Historia, modalidades, importancia y utilización de las mutaciones. p. 9-15. *In*: Trujillo, F. R. (coord.). I Simposio Mexicano sobre Mutaciones. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.





- Donini, P. and A. Sonnino. 1998. Induced mutation in plant breeding: Current status and future Outlook. p. 255-291. *In*: Jain, S. M., D. S. Brar and B. S. Ahloowalia (eds.). Somaclonal variation and induced mutations in crop improvement. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Fuchs, M., V. González, R. Rea, A. Y. Zambrano, O. De Sousa-Vieira, E. Díaz *et al.* 2005. Mejoramiento de la caña de azúcar mediante la inducción de mutaciones en cultivos de callos. *Agronomía Tropical* 55(1):133-149.
- Fuchs, M., V. González, S. Castroni, E. Díaz y L. Castro. 2002. Efecto de la radiación gamma sobre la diferenciación de plantas de caña de azúcar a partir de callos. *Agronomía Tropical* 52(3):311-324.
- Nikam, A. A., R. M. Devarumath, A. Ahuja, H. Babu, M. G. Shitole and P. Suprasanna. 2015. Radiation-induced *in vitro* mutagenesis system for salt tolerance and other agronomic characters in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *The Crop Journal* 3(1):46-56.
- Nikam, A. A., R. M. Devarumath, M. G. Shitole, V. S. Ghole, P. N. Tawar and P. Suprasanna. 2014. Gamma radiation, *in vitro* selection for salt (NaCl) tolerance, and characterization of mutants in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 50(6):766-776.
- Súbiros, R. F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 448 p.
- Valdez, B. A., P. Orellana y F. Izquierdo R. 2005. Evaluación en campo de mutantes de caña de azúcar de la variedad SP 70-1284 obtenidos por mutagénesis *in vitro*. *Biotecnología Vegetal* 5(1):3-8.
- Valdez, B. A., P. Orellana P., N. Veitía R., L. García R., I. Bermúdez C., D. Torres R. *et al.* 2004a. Evaluación de la variabilidad fenotípica y selección temprana a roya café de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd.) en plantas regeneradas a partir de callos irradiados de la variedad de caña de azúcar "SP 70-1284". *Biotecnología Vegetal* 4(4):201-205.
- Valdez, B. A., P. Orellana, N. Veitía y D. Torres. 2004b. Crecimiento, regeneración y radiosensibilidad de callos de caña de azúcar (*Sacchrum officinarum* ssp. híbrido var. SP 70-1284) tratados con radiación gamma fuente ^{60}Co . *Biotecnología Vegetal* 4(3):165-169.





PRODUCCIÓN DE LISIANTHUS COMO ESTRATEGIA PARA MINIMIZAR LOS NIVELES DE POBREZA EN COMUNIDADES RURALES

Andrés Luna Mandujano³³, José Rafael Contreras Hinojosa^{34*}, Mariano Morales Guerra³⁴, David Heriberto Noriega Cantú³⁵, Eileen Salinas Cruz³⁶, Romualdo Vázquez Ortiz³⁵ y Jesús Martínez Sánchez³⁶

Resumen

Con el fin de considerar la producción de lisianthus como medio para obtener ingresos y superar la línea de pobreza propuesta por el Banco Mundial, que es de 1.90 dólares *per capita*. Se consideró un esquema de análisis económico de las actividades inherentes a su sistema de producción, el cual se realizó bajo condiciones de invernadero de 15 x 10 m, en dos camas de 1.20 x 12 m, que se implementaron con suelo más tierra de monte y su posterior fumigación, para prevenir plagas y enfermedades. Plántulas de semillas de la empresa Sakata Seed, con tres hojas se trasplantaron en un sistema de rejilla de 20 x 15 cm, para una densidad de población de 333,333 plantas/ha. Se aplicó la dosis de fertilización 110-40-40, toda al momento del trasplante, en el mes de febrero. Aplicación de riego dos veces por semana, control de malezas quincenal y la aplicación de nueve fungicidas y un insecticida en rotación quincenal por cuatro meses, promovieron que, de las 672 plantas, sólo una presentará daños. Los costos del material vegetativo, productos utilizados, así como de las actividades fueron la base del análisis económico, el cual se comparó con el precio del producto, que fue en promedio de \$18.00 por tallo. Los resultados indican una producción de \$45.00/m²/mes, con un beneficio neto que únicamente permite alcanzar la línea de pobreza en ocho días por mes para una familia de cuatro integrantes. Como escenario de proyección y bajo el supuesto de similares costos y precios, se considera que aumentando 3.7 veces la superficie de la explotación se alcanza el valor de la línea de pobreza; sin embargo, el riesgo que esto implica es grande, ya que es un producto demasiado perecedero, sujeto a la ley de

³³ Instituto Tecnológico del Valle de Etna.

³⁴ Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. INIFAP. *contreras.jose@inifap.gob.mx

³⁵ Campo Experimental Iguala. INIFAP.

³⁶ Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP.





la oferta y la demanda y las condiciones de comercialización donde se produce, limitan la ganancia.

Palabras clave: flores, riesgo, ingreso

Introducción

Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en el año 2016, 53.4 millones de personas (43.6% de la población en México) se encontraban en situación de pobreza, mientras que 9.4 millones se encontraban en pobreza extrema (7.6%). En el estado de Oaxaca la tendencia es superior, el 66.8% de su población se encontraba en situación de pobreza y el 28.3% bajo pobreza extrema (CONEVAL, 2016).

Hay dos métodos para el estudio de la pobreza y, por lo tanto, poder clasificarla; por un lado, se encuentra el método de Línea de Pobreza, el cual consiste en comparar el ingreso o el consumo *per capita* con una “cantidad”, así los hogares con ingresos menores que la asignada a la línea se consideran pobres y la misma característica se atribuye a los hogares que en ellos habitan (Boltvinik, 1992). La parte medular es obtener la línea de pobreza, que comúnmente en América Latina se define mediante una Canasta Normativa Alimentaria, calcular su costo y determinar un porcentaje del gasto que se dedica a alimentos.

El método de Necesidades Básicas Insatisfechas consiste en comparar la situación de cada hogar en materia de un grupo de necesidades específicas, con una serie de normas que expresan para cada una de ellas el nivel mínimo debajo del cual se considera insatisfecha la necesidad; entre otros, está la disponibilidad de agua, drenaje, electricidad, vivienda, mobiliario y artículos del hogar. El método tiene la limitante que entre más rubros de necesidades se consideren, mayor será la incidencia de la pobreza (Boltvinik, 1992).

En 1992 el Banco Mundial propuso una línea de pobreza de 370 dólares al año (Boltvinik, 1994), sin embargo, con base en un estudio en 75 países, en el año 2005 se propuso que fuera de 1.25 dólares (Ravallion *et al.*, 2007) y en el año 2015 se indicó de 1.90 dólares (Farreira *et al.*, 2015). Aun cuando se reconoce que el desarrollo de los países no es igual y





que cada país debe tener su propia línea de pobreza, es evidente que entre más alta sea ésta, automáticamente los niveles de pobreza aumentan.

En México, el CONEVAL (2016) utiliza un método mixto, donde se considera la situación de pobreza cuando al menos hay una carencia y los ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que se requieren, mientras que la pobreza extrema se considera cuando hay tres o más carencias. Estas carencias se asocian con la educación, salud, seguridad social, calidad y espacios de vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación.

La desventaja para el estudio de la pobreza con este método, es que se requiere de información que es difícil de obtener en áreas rurales, mientras que la línea de pobreza es un estimativo que fluctúa según los requerimientos de cada familia.

Problemas de acceso y falta de personal capacitado, son aspectos que dificultan el desarrollo de las comunidades rurales, la falta de inversiones tanto gubernamental como privada, así como la carencia de estímulos económicos impactantes para la apertura de nuevas empresas, son condiciones que restringen su desarrollo, y que la pobreza persista.

En cualquier negocio o empresa, como puede ser la producción de un cultivo, el Punto de Equilibrio (PE) de la inversión es aquel en que los ingresos por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y variables (Baca, 2010), sin embargo, es de esperar la máxima ganancia a la inversión realizada. La Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TAMAR) o ganancia está asociada con el riesgo de la inversión (Baca, 2010); algunas veces comparada con un uso alternativo, por ejemplo, el interés ganado cuando se invierte el dinero en el banco, que debe ser tal, que compense los efectos inflacionarios, los cuales fueron en el año 2017 de 6.77% (INEGI, 2018), así como obtener un premio o sobretasa por arriesgar el dinero en determinada aventura (inversión). Considerando que, a mayor riesgo, mayor deberá ser la tasa de rendimiento y las ganancias recomendadas, en condiciones de riesgo bajo, oscilan de 1 a 10%; en riesgo medio de 11 a 20% y para riesgo alto una ganancia superior a 20% y se obtiene mediante la relación $TAMAR = i + f + if$ (Baca, 2010).

Dónde: i = Premio al riesgo y f = inflación.

Van Noordwijk *et al.* (1994) indican que en la producción agrícola es importante controlar las fuentes externas de variabilidad y las estrategias de los productores para reducir el riesgo son el aseguramiento, la diversificación, el auto-aseguramiento o el mercado de futuros





(Ogurtsov *et al.*, 2008). Los riesgos en la parcela pueden ser financieros y de negocios; los primeros se asocian al financiamiento, mientras que los de negocios consideran al riesgo institucional, de producción, de personal y de precios, y se vuelve catastrófico cuando ocurre un evento no esperado que provoca pérdidas irreversibles (Vose, 2001).

La producción y comercialización de productos agrícolas, ya sea, simples o transformados puede ser una estrategia para, si no superar, si aminorar los efectos de la pobreza.

En este caso, se considera la evaluación económica en la producción de lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.], flor de fácil comercialización cuando presenta calidad, como es longitud del tallo mayor de 40 cm, diámetro de flor mayor de 5 cm, más de cinco botones por tallo y hojas sin manchas, además de poseer la característica que, una vez cortado el tallo, la planta posee capacidad de producir hasta en dos rebrotes; sin embargo, para efecto de análisis anual, se considera costos y precios similares por ciclo productivo.

Materiales y métodos

En el año 2018, el estudio se realizó en San Lorenzo Jilotepequillo, perteneciente al municipio de Santa María Ecatepec, Oaxaca, en la región Sierra Sur, ubicado a una altitud de entre 1,700 y 2,400 m. El clima dominante es templado subhúmedo C(w), con una temperatura media para el mes más frío de entre -3 y 18°C, precipitación pluvial del mes más húmedo, de la mitad del año en que está el verano, mayor de 10 veces la del mes más seco y precipitación pluvial del mes más seco, menor de 40 mm (García, 2004), con lluvia anual de 800 a 1,200 mm. La orografía es accidentada, con vegetación natural de bosque de pino-encino, la cual se encuentra perturbada por la siembra de pequeñas parcelas con maíz, agave y el cultivo de flores. En el caso de las flores, éstas las producen un grupo organizado de 15 productoras, las cuales las cultivan tanto a “cielo abierto” como en pequeños invernaderos (túneles), de aproximadamente 10 x 15 m. Las principales flores que se cultivan son: lylis, crisantemo y rosal. En el caso de lisianthus, es la flor que alcanza un mayor valor, debido a su belleza y durabilidad; sólo se produce dentro del invernadero y se han tenido problemas graves con plagas y enfermedades, las cuales demeritan la calidad del producto, lo que hace difícil su producción, por lo que, sólo una productora se atreve a tratar de





producirlas. Con base en lo anterior, se acordó con una productora cooperante complementar la tecnología de producción de este cultivo y considerar su rentabilidad. Para este último punto, se registraron los costos de oportunidad de los insumos utilizados y las actividades realizadas en campo, para obtener un producto de calidad comerciable. Las actividades fueron: tres meses previos a la siembra, se encarga el material vegetativo para corte en “Plántulas de Tetela” con sede en Cuernavaca, Morelos, derivadas de semillas de la empresa Sakata Seed. Dentro del invernadero se delimita la cama de siembra, formando un camellón, con lo que se propicia mayor enraizamiento y reducción del riesgo de pudriciones por encharcamientos.

Para implementar las dos camas de siembra de 1.20 x 12.0 m, se consideraron 12 bultos de tierra de monte por un costo de \$20.00 cada uno, además de un jornal (\$200.00) por el acarreo manual desde el sitio de compra al invernadero. Los 28 m² que comprenden las dos camas de siembra que integran la “parcela experimental” se considera un tamaño promedio en este tipo de explotaciones en la localidad.

Se consideró un jornal por realizar la mezcla de suelo con tierra de monte para levantar los 30 cm de las dos camas y conformarlas con madera. De éstas, los largueros costaron \$100.00, mientras que las estacas tuvieron un costo de \$35.00. A las dos camas de siembra, se les aplicó el fumigante Metam Sodio, utilizando 3 L de producto disueltos en 30 L de agua y se cubrió con plástico por un mes, asignándosele un costo de un tercio de jornal por la actividad.

El costo de cada plántula fue de \$3.98, libre a bordo en Izúcar de Matamoros, Puebla, lugar hasta donde se fue a recoger el material vegetativo. De ahí se trasladó a San Lorenzo Jilotepequillo, Oaxaca, para lo cual se gastaron \$1,200.00 en combustible.

Previo a la siembra, las plántulas se sumergieron en una solución al 1% de los fungicidas Tiabendazol, Carbendazim, así como Metalaxil-M más Clorotalonil, más un promotor de crecimiento con auxinas y citocininas, para preparar en conjunto una cantidad de 15 L. En seguida se procedió al trasplante, para lo cual se colocó sobre el suelo un marco con delimitación de filas e hileras cada 20 x 15 cm, procediendo a hacer perforaciones en la parte central con una “coa”. En las dos camas de siembra se trasplantaron 672 plántulas bajo un esquema de 24 parcelas, cada una de cuatro columnas por siete hileras de plantas. Para prevenir daños por hongos del suelo, a esta oquedad se le aplicó el fumigante 2-





tiocianometiltio-benzotiazol en dosis de 1.5 mL/L de agua, para un total de 10 L, y a estas tres actividades se les asignó el costo de un tercio de jornal.

Posteriormente se colocaron las plántulas sobre las perforaciones, se cubrió completamente el cepellón para que no hubiera espacios sin contacto planta-suelo, asignando a este proceso el valor equivalente a un jornal de trabajo.

Para la fertilización, se aplicó la dosis 110-40-40, toda a un lado de la plántula, para lo cual se utilizó el nitrato de calcio con 15.5% de N, el superfosfato de calcio triple (46% P_2O_5) y el cloruro de potasio (60% K_2O), actividad a la que se le asignó el costo de un tercio de jornal por la preparación, dosificación y aplicación.

Después del trasplante se aplicaron dos riegos por semana, a lo que se le asignó el costo de una cuarta parte de jornal, similar valor para el control de malezas cada quince días.

Parte medular es el control de plagas, principalmente mosquita blanca y trips, mientras que en las enfermedades destacan las pudriciones de raíz, así como el moho gris en las partes vegetativas. Para controlar lo anterior se siguió un esquema de monitoreo diario y un control preventivo cada 15 días, alternando siete fungicidas con un insecticida.

Las aplicaciones de pesticidas al follaje se realizaron quincenalmente; desde febrero hasta junio de 2018 se realizaron ocho aplicaciones y se alternaron los fungicidas Tiabendazol, Metalaxil-M más Clorotalonil, Benomilo, Carbendazim, Mancozeb, Iprodiona, Propamocarb más Fosetil; todos estos con el insecticida Imidacropid, asignándosele el costo de un tercio de jornal a cada aplicación, ya que también se fumigaron otros cultivos que había en el invernadero (rosal y crisantemo), las calles y la estructura.

A los cuatro meses posteriores al trasplante, se realizó el corte de flores en un período de 15 días conforme maduraban, las que se comercializaron localmente, sin envase ni aditamentos (soportes), estimando un precio promedio de \$18.00 por pieza, asociado este precio por la ley de la oferta y la demanda, y a que es un producto perecedero. La eficiencia del manejo se manifestó en que durante el ciclo de cultivo, de las 672 plantas trasplantadas solo se perdió una flor por pudrición radical.

Para el análisis económico se considera que el capital de trabajo corresponde al trabajo físico manual de una persona, asignándole valor económico a su actividad, así como a los insumos aplicados, considerando únicamente cantidades netas de productos y la fracción de jornal de trabajo utilizado.





En los activos intangibles no se asignó valor económico por el personal que generó la tecnología que permitió producir las lisianthus; tampoco se consideraron costos financieros, ya que las productoras alternan varias especies de flores y la lisianthus era una más.

Como el invernadero es un medio de producción para varios cultivos, no se le asignó valor como inversión inicial de activo fijo, ni a la tierra dentro de éste, así como el agua, la cual se capta de escurrimientos y se almacena en una cisterna, ni a la aspersora, así como a la báscula y jeringa para aplicar y medir los pesticidas, tampoco a los utensilios y herramientas para conducir el agua, eliminar la maleza y cortar las flores, debido a que ya se contaba con ellos. El cronograma de inversiones se asoció con los costos de producción y no se consideraron costos de venta (Baca, 2010), ya que en la comunidad hay personas que adquieren las flores para uso propio o para reventa.

El precio del producto se asocia al número de botones florales que produce cada planta, encontrando en éstas hasta 17 botones, con un promedio de ocho, y un precio potencial en el comercio formal de \$5.00 por botón.

El análisis económico considera la relación beneficio/costo (Baca, 2010), así como la proyección de escenarios de la producción de lisianthus como medio para superar la pobreza, con base en la línea de pobreza propuesta por el Banco Mundial.

Resultados y discusión

Los costos de producción por materiales fueron: \$239.00 por fertilizantes, \$164.40 de fungicidas, \$27.00 de insecticidas, \$7.10 por el enraizador, \$150.00 por los fumigantes, \$240.00 por la tierra de monte, \$135.00 por la madera, \$2,674.50 por las plántulas y \$1,200.00 por el traslado, para un total de \$ 4,722.00. En lo que respecta a las actividades, el costo fue de \$2,267.00, correspondiendo a los riegos \$32.00, el mayor costo (\$800.00).

Con base en los costos de productos y de actividades, el total fue de \$6,989.60, con un equivalente de \$10.40 por flor, mientras que el beneficio bruto fue de \$12,096.00, y la relación beneficio/costo (sin considerar la inflación) de 1.73, lo que indica que se recupera la inversión y queda una ganancia de \$5,106.40, que repartidos en los cuatro meses de trabajo, resulta en ingresos de \$1,276.60 por mes.





La proyección de la información implica únicamente el ingreso o ganancia como medio para superar la pobreza y se personaliza en una familia con cuatro integrantes, que se dedican únicamente a esta actividad, para los cuales se requerirá un aproximado de \$160.00 diarios.

Escenario 1. Condiciones actuales

Bajo el supuesto de condiciones similares en costos y precios durante un ciclo anual y con base en los resultados obtenidos en los 28 m² como superficie de trabajo, el ingreso alcanza únicamente para ocho días por mes, a pesar de que la tasa que relaciona la ganancia con la superficie de producción es de \$45.00/m²/mes.

Escenario 2. Ampliación de área de producción a todo el invernadero

Como se indicó anteriormente, el tamaño de los invernaderos es de 150 m² (10 x 15 m); si se extiende la superficie de cultivo a todo el invernadero y bajo el supuesto de similar tendencia en costos, precios y ganancia, se tendría un beneficio neto de \$6,835.00/mes, cantidad que alcanzaría a cubrir los gastos de un hogar por 42 días, superando la línea de pobreza propuesta por el Banco Mundial.

Escenario 3. Pago del invernadero

El cultivo de flores en la localidad se practica en invernaderos que fueron donados por la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) y se implementan a un costo de \$200.00/m². Con base en el resultado obtenido y considerando que se cultivara todo el invernadero, los \$30,000.00 del costo de la estructura se pagaría con los beneficios equivalentes a cinco meses de producción.

Es evidente que la ampliación de la superficie de cultivo y productividad son la forma más explícita para obtener una mayor producción, ya que, entre mayor sea ésta, se traducirá en una mayor ganancia, por lo tanto, potencialmente, se dejará de ser pobre. Sin embargo, si consideramos el riesgo a que se sujeta un productor al ampliar su superficie de cultivo, en este caso, cuatro veces más que lo convencional, lo sujetará a condiciones de riesgo, donde quizás no pueda controlar las fuentes externas de variabilidad, por lo cual, como se vio en el diagnóstico, emplea la estrategia de diversificar sus actividades (siembra varios tipos de flores) o retarda las decisiones estratégicas, que son tomadas antes del período de





producción y no aplicar decisiones tácticas (Van Noordwijk *et al.*, 1994), una vez que enfrente problemas de producción (plagas, enfermedades) o de comercialización, porque es un producto demasiado perecedero, aspectos que se pueden superar, mediante la organización para la comercialización, así como de la asistencia técnica.

Conclusiones

1. La producción y comercialización de *lisianthus* como estrategia para aminorar los efectos de la pobreza, produjo una ganancia de \$45/m²/mes, la cual, se considera superior comparada con otros cultivos; sin embargo, por el tamaño de la explotación, no se alcanza a superar la línea de pobreza de \$160.00 diarios por familia. 2. La proyección de ingresos, indica que se deberá aumentar en 3.7 veces la superficie de cultivo para alcanzar ese valor, con el riesgo que implica, no la producción, que ya fue solventada por la tecnología generada por el INIFAP, pero si la comercialización, que se encuentra sujeta a la ley de la oferta y la demanda, ya que es un producto perecedero que se debe vender lo más pronto posible, que bajo las condiciones rurales donde se produce se dificulta este proceso.

Literatura citada

- Baca, U. G. 2010. Evaluación de proyectos. McGraw-Hill/Interamericana Editores. México. 318 p.
- Boltvinik, J. 1992. El método de medición integrada de la pobreza. Una propuesta para su desarrollo. Comercio Exterior 42(4):354-365.
- Boltvinik, J. 1994. La pobreza en América Latina. Análisis crítico de tres estudios. Frontera Norte (Número especial):31-60.
- CONEVAL (Consejo nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2016. Medición de la pobreza. Estados Unidos Mexicanos. 2016. <http://www.coneval.gob.mx> [consultado el 25 de junio del 2018].





- Farreira, F. H. G., S. Chen, A. Dabalen, Y. Dikhanov, N. Hamadeh, D. Jolliffe *et al.* 2015. A global count of the extreme poor in 2012. Policy Research Working. Paper No. 7432. World Bank Group. 65 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 91 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2018. Índice nacional de precios al consumidor diciembre de 2017. 8 p. http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/inpc_2q/inpc_2q_2018_01.pdf [consultado el 25 de junio de 2018].
- Ogurtsov, V. A., M. P. A. M. Van Asseldonk and R. B. M. Huirne. 2008. Assessing and modelling catastrophic risk perceptions and attitudes in agriculture: a review. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 56(1-2):39-58.
- Ravallion, M., S. Chen and P. Sangraula. 2007. Dollar a day revisited. *The World Bank Economic Review* 23(2):163-184.
- Van Noordwijk, M., G. H. Dijksterhuis and H. Van Keulen. 1994. Risk management in crop production and fertilizer use with uncertain rainfall; how many eggs in which baskets. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42:249-269.
- Vose, D. 2001. *Risk analysis: A quantitative guide*. Wiley & Sons. New York, USA. 418 p.





SELECCIÓN COMBINADA EN CINCO POBLACIONES DE MAÍZ PARA FORMAR VARIEDADES MEJORADAS

Bulmaro Coutiño Estrada^{37*}, David Rincón Espinosa³⁸ y Grisel Sánchez Grajales³⁸

Resumen

La selección combinada es un procedimiento genotécnico muy utilizado para formar nuevas variedades de mayor capacidad de rendimiento y mejores caracteres de planta y de grano. En la región cálida de Chiapas se realizaron tres ciclos de selección combinada de familias de hermanos completos en las variedades antiguas tropicales de maíz V-424, V-534, V-526, de la raza Tuxpeño y en la región semicálida se realizaron seis ciclos de selección de familias de medios hermanos en las poblaciones V-231A y V-229, de la raza Comiteco. En el primer ciclo agrícola se hizo la selección interfamiliar de 155 familias, aplicando una presión de selección del 20% y con la semilla remanente de ellas, en el siguiente ciclo agrícola, se hizo la selección intrafamiliar, aplicando una presión de selección de 25%, para generar nuevamente las 155 familias; también se recombinaron genéticamente las mejores 10 familias por localidad, región y año, para formar variedades experimentales de las cinco poblaciones base, las cuales se evaluaron posteriormente para conocer el avance de selección. En la región cálida sobresalieron: “V-424 Coita C3”, “V-534 Villaflores C3” y “V-526 Villaflores C3” con 13%, 27% y 17% de incremento de rendimiento de grano sobre las variedades originales, a las cuales se les hizo la caracterización varietal y se registraron en el SNICS como V560, V561 y V562, respectivamente. En la zona semicálida sobresalieron: “Teopisca-A C6”, “Comiteca-B C6” con incrementos de rendimiento de grano 34% y 15%, respectivamente sobre las variedades originales V-231A y V-229; a la Comiteca-B C6, se le está tramitando su registro ante el SNICS con el nombre de V240.

Palabras clave: *Zea mays* L., mejoramiento genético, variedades nuevas, familias

³⁷Campo Experimental Centro de Chiapas. CIRPAS. INIFAP. *coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

³⁸Facultad de Ciencias Agronómicas UNACH. Villaflores, Chiapas.





Introducción

Durante los últimos cinco años, se han sembrado en Chiapas un promedio de 698 mil ha de maíz y se han producido 1.2 millones de toneladas de grano con un rendimiento promedio de 1.9 t/ha; aproximadamente el 70% de la superficie cosechada se ubica en regiones de clima cálido, donde se obtiene el 76% de la producción de grano, sobresaliendo los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Palenque y Tuxtla Gutiérrez, con rendimientos promedio de apenas 1.3 y 1.8 t/ha, a pesar de que es en estas regiones donde principalmente se siembran semillas de variedades mejoradas e híbridos de maíz; el 17 % de la producción estatal proviene del DDR de Comitán, de clima semicálido, con rendimientos de 1.7 t/ha (SIAP, 2016).

Uno de los principales problemas en la producción de maíz es la falta de semillas certificadas de híbridos y variedades mejoradas de polinización libre, que compitan favorablemente con las semillas de las empresas transnacionales, las cuales son muy caras para los productores de grano. Las variedades mejoradas más utilizadas por los productores de las regiones cálidas de Chiapas, han sido V-424, V-526 y V-534, liberadas por el INIFAP en 1983, en el caso de las primeras dos y en 1990, en el caso de la última. La semilla certificada de estas variedades la produjeron localmente algunas empresas semilleras, como PRONASE, Asociación de Productores de Semillas de San Pedro Buenavista, Semillas Proceso, Patronato de Investigación, las cuales las distribuyeron dentro y fuera del estado de Chiapas. Según la Ley de Semillas, cuando las variedades mejoradas tienen más de 15 años pasan a ser del dominio público, por lo que es importante renovarlas e incrementar su potencial de rendimiento, así como mejorar sus caracteres de mazorca y grano. En el caso de las variedades V-229 y V-231A, formadas y recomendadas para la región semicálida de la Meseta Comiteca, éstas son producto del 1er. ciclo de selección combinada, por lo que también se consideró prudente continuar su mejoramiento.

El esquema de selección recurrente, o combinada, de familias de hermanos completos (Compton y Bahadur, 1977) se ha usado exitosamente para incrementar el rendimiento de grano y otras características; por ejemplo, para reducir las alturas de planta y de mazorca, el tamaño de espiga, el ciclo, el intervalo de la antesis a la floración femenina y la esterilidad y para mejorar prolificidad, índice de cosecha, y la tolerancia a sequía, insectos y





enfermedades. Según Souza (1999), el desarrollo de progenies, su evaluación en la región de interés, la selección de las mejores y su recombinación por varios ciclos, hace que las poblaciones mejoradas lleguen a ser agrónomicamente superiores a las originales y a mantener suficiente variabilidad genética en los caracteres elegidos, lo que les permite seguir en uso a largo plazo. Vasal *et al.* (1997) reportaron la aplicación de diferentes métodos de selección recurrente y obtuvieron incrementos en el rendimiento de grano y reducciones en la altura de las plantas de maíz. Darrah (1986) informó que la selección de familias de hermanos completos en maíz mostró un incremento de rendimiento de 3.6% por año. Singh *et al.* (1986) aplicaron esta selección para prolificidad y obtuvieron una respuesta lineal de 5.5% por ciclo en baja densidad y de 3.6% en alta densidad de población. Khehra *et al.* (1989) informaron ganancias en rendimiento de 4% por ciclo conjuntamente con una floración femenina más temprana, mazorcas más bajas y menor altura de planta. Pandey *et al.* (1986) reportaron los resultados en ocho poblaciones tropicales de madurez tardía, con una ganancia media por ciclo de 1.3%. Pandey *et al.* (1987) lograron ganancias de rendimiento en poblaciones tropicales de madurez media de 2.1% por ciclo, y de 1.0% en el número de mazorcas por planta. Edmeades *et al.* (1999) incrementaron el rendimiento y la tolerancia a sequía durante la floración y el llenado de grano, con una ganancia de 3.8% por ciclo en ambientes con sequía. El objetivo del presente trabajo fue formar variedades de polinización libre, a partir de cinco poblaciones diferentes, con menor altura de planta, mayor uniformidad, mejor cobertura de la mazorca y liberar al menos una variedad con mayor rendimiento de grano que las poblaciones originales.

Materiales y métodos

Poblaciones base

En las poblaciones base V-424 (tuxpeño precoz), V-534 (tuxpeño intermedio) y V-526 (tuxpeño tardío) se hicieron tres ciclos de selección combinada de familias de hermanos completos (FHC) y en V-231A (comiteca amarilla súper tardía) y V-229 (comiteca blanca súper tardía) se hicieron seis ciclos de selección de familias de medios hermanos (FMH).





Selección combinada

Un ciclo de selección combinada de FHC se realizó en dos ciclos agrícolas: 1. En Primavera-Verano (temporal) se evaluaron 155 familias, más la población original, en tres localidades, bajo un diseño experimental látice simple rectangular 12 x 13, en parcelas de un surco de 5 m, con 22 plantas, aplicando una presión de selección interfamilial de 20%, y 2. En Otoño-Invierno (riego), se realizó la selección intrafamiliar con la semilla remanente de las 30 familias seleccionadas, las cuales se sembraron en dos surcos de 5 m de longitud, con una población de 22 plantas por surco, para hacer cruza planta a planta, en cadena y entre familias adyacentes (Dhillon *et al.*, 1987); de esta forma se recombinaron genéticamente los pares de familias y a la cosecha se aplicó una presión de selección intrafamiliar de 25% para formar 155 nuevas FHC, con las cuales se hizo el siguiente ciclo de selección. En Otoño-Invierno también se recombinaron genéticamente las mejores 10 familias de cada localidad de prueba y las mejores 10 en promedio de localidades para formar las variedades experimentales de ese ciclo de selección; usando la semilla remanente se sembró un surco con 22 plantas por familia y se hicieron cruza planta a planta en cadena; a la cosecha se hizo un compuesto mecánico balanceado con el mismo número de mazorcas (ocho a 10) obtenidas por familia y esta semilla constituyó la variedad experimental, la cual se le identificó con el nombre de su población original, el nombre de la localidad de evaluación y el respectivo ciclo de selección. Para la selección combinada de FMH, sólo cambió la manera de hacer la recombinación de las 20% mejores familias; usando la semilla remanente de estas familias seleccionadas, se recombinaron genéticamente las mejores 30 familias, en un lote aislado de cuatro surcos hembras por dos de macho (que fue un compuesto balanceado de esas 30 familias), y dentro de cada una de ellas se aplicó una presión de selección intrafamiliar de 25% para la formación de nuevas 155 FMH.

Las variedades experimentales formadas en todos los ciclos de selección, más la población original, se evaluaron posteriormente en un diseño bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, en parcelas de cuatro surcos de 5.5 m de largo, dos plantas cada 50 cm, en surcos a 80 cm. Para el análisis de varianza de las variables y la prueba de medias de Tukey ($P < 0.05$) se usó el paquete estadístico SAS versión 9.0, También se corrió un análisis de regresión lineal entre el rendimiento de grano de las mejores variedades experimentales tropicales con los ciclos de selección. Finalmente, se hizo la caracterización varietal, de





acuerdo al manual de Carballo y Benítez (2010), de las mejores variedades experimentales de cada población y se tramitó su registro en el Catálogo Nacional de Variedades de Plantas del SNICS, así como el título de obtentor correspondiente.

Resultados y discusión

Variedades tropicales

El análisis estadístico combinado del rendimiento de grano obtenido en cuatro localidades (dos de temporal y dos de riego) indicó variación significativa entre localidades y entre variedades experimentales, para las tres poblaciones, y la interacción localidades x variedades sólo fue significativa en los ensayos de variedades de V-534. Los coeficientes de variación de los ensayos combinados de los tres experimentos de las variedades variaron de 11.9 a 16.6%, lo que indica confiabilidad en los resultados que se obtuvieron. Las diferencias encontradas entre localidades se debieron principalmente a las condiciones contrastantes de humedad, entre temporal y riego; las variedades experimentales florecieron 15 a 18 d más tarde en las siembras de riego y las plantas crecieron de 25 a 32 cm menos que en las de temporal, lo que se atribuye a las bajas temperaturas registradas en invierno (datos no mostrados).

Entre las variedades experimentales de V-424, seis superaron ($p \leq 0.02$) a la población original (C0); la mejor variedad 'V-424 Coita C3' rindió 5.7 t/ha, que representó 0.474 t más que el C0, con un incremento total de 9% y de 3% por ciclo de selección. Bolaños y Edmeades (1993) también registraron incrementos de 108 kg/ha/ciclo en ocho ciclos de selección recurrente practicados bajo condiciones controladas de sequía. Similarmente, al evaluar nueve ciclos de selección, Monneveux *et al.* (2006) reportaron que esta metodología estuvo asociada con una disminución en el peso seco de la espiga y del tallo y un incremento en el peso seco de la mazorca.

Entre las variedades derivadas de V-534, sobresalieron ($p \leq 0.04$) en rendimiento de grano 11 de las 15 variedades. La mejor fue 'V-534 Coita C3' con un rendimiento de 6.0 t/ha, superando en 0.841 t al C0, con incremento total de 15.7% y de 5.2% por ciclo de selección. Tanto en floración como en alturas de planta y mazorca, 'V-534 Coita C3' fue





estadísticamente igual que C0. La mejor interacción variedad x localidad fue 'V-534 Villaflores C3' sembrada en Villaflores, en condiciones de temporal, con un rendimiento de 7.7 t/ha.

Entre las variedades experimentales de V-526 sobresalieron ($p \leq 0.01$) en rendimiento de grano nueve de las 15 variedades y la variedad 'V-526 Villaflores C3' fue la de mayor producción con 6.3 t/ha, que superó en 0.713 t al C0, lo que equivale a un incremento total de 12.6% y de 4.2% por ciclo de selección. El rendimiento de grano se incrementó con los ciclos de selección realizados, en 0.247 t por ciclo de selección (Figura 1).

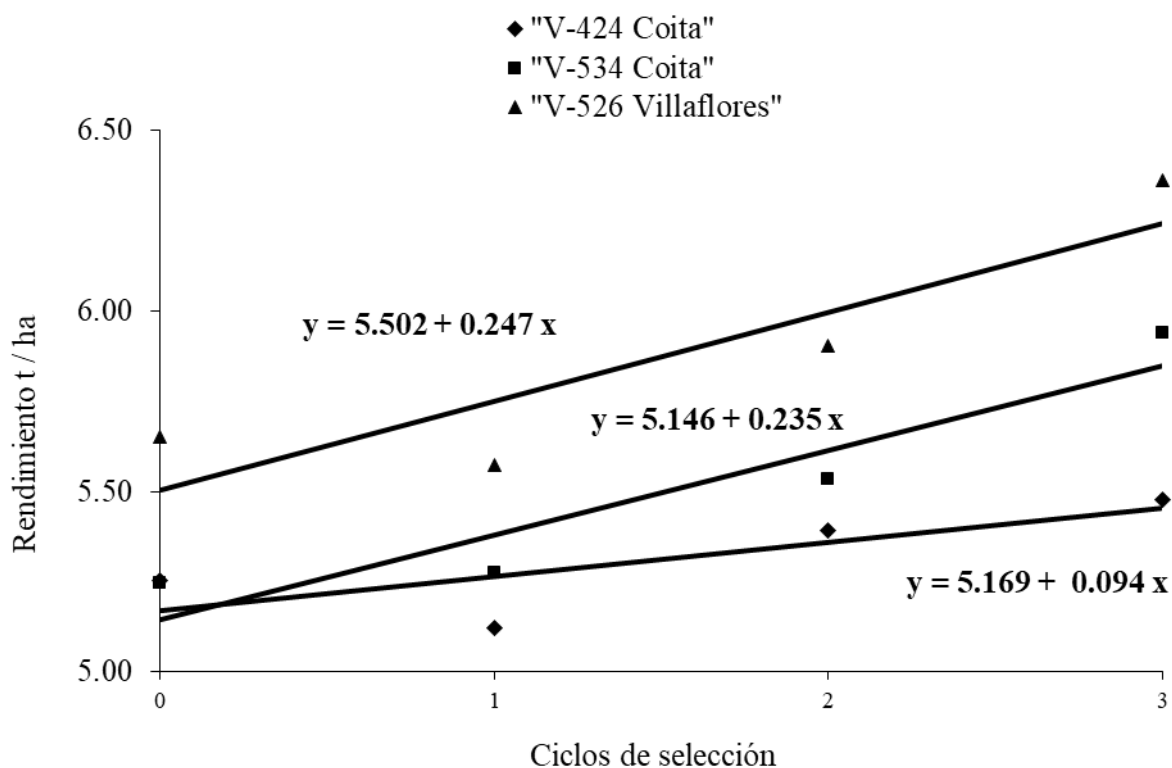


Figura 1. Regresión del rendimiento de grano de los ciclos de selección combinada de tres variedades experimentales sobresalientes.

La variedad sobresaliente 'V-526 Villaflores C3' fue estadísticamente similar al C0 en días a floración (datos no mostrados). Esta metodología también ha sido eficiente para obtener resistencia a enfermedades; Pixley *et al.* (2006) compararon 12 variedades experimentales de maíz obtenidas por selección recurrente de familias de hermanos completos y este mismo





método combinado con líneas S₁ a S₃, logrando así mejorar la resistencia al virus del rayado del maíz (*Maize streak virus*).

A estas tres variedades sobresalientes se les hizo la caracterización varietal durante dos años y se les tramitó su registro en el Catálogo Nacional de Variedades de Plantas del SNICS con los nombres de V560, V561 y V562, respectivamente. En 2015 se produjo por vez primera, semilla en categoría registrada de estas tres variedades, y se les vendió a las empresas semilleras locales para su reproducción y comercialización como semilla certificada.

Variedades subtropicales

Al comparar la respuesta de las variedades experimentales obtenidas en los seis ciclos de selección (un ciclo de selección se obtuvo cada dos años) se encontraron variedades que superaron notoriamente a las poblaciones originales. La mejor variedad de grano amarillo fue “V-231A Teopisca C5”, la cual produjo 0.803 t más que V-231A (34% de incremento), de igual periodo de floración (101 d). De las variedades de grano blanco, la variedad “V-229 Comiteca C5” produjo numéricamente 0.459 t más que la población original (15% de incremento) y no se cambió el período de floración (101 d). No se encontraron diferencias significativas entre los ciclos C5 y C6 (Cuadro 1), por lo que se recombinaron genéticamente las variedades del C6 para formar la variedad experimental Comiteca Blanca C6, la cual se evaluó durante los ciclos agrícolas de temporal de los años 2015, 2016 y 2017, con productores cooperantes de La Meseta Comiteca, en donde se obtuvieron rendimientos promedio de 4.8 t/ha; comparada con las variedades criollas testigo, esta variedad produjo 9.6% más de grano, pero bajo buenas condiciones de suelo y lluvia, como en 2017 en Santa Rita, municipio de La Trinitaria, donde produjo 7.8 t/ha. Esta variedad se caracterizó en 2016 y 2017 y se tramitó su registro en el Catálogo Nacional de Variedades de Plantas del SNICS, con el nombre de V240.





Cuadro 1. Rendimiento de variedades experimentales C5 y C6 de Comiteco Amarillo. Laguna Larga, Comitán, Chis. 2012.

Variedad	Genealogía	Rendimiento (t/ha)	Incremento sobre el testigo (%)
1	Regional Amarilla C5	5.801	12.93
2	Comiteca Amarilla C6	5.796	12.84
3	Regional Amarilla C6	5.695	10.88
4	Comiteca Amarilla C5	5.480	6.69
5	Teopisca Amarilla Oleica	5.354	4.24
6	Teopisca Amarilla C6	5.235	1.91
7	Criollo local (testigo)	5.137	0.0
8	Teopisca Amarilla C5	4.712	
9	V238AC	4.570	

Los resultados obtenidos coinciden con los incrementos reportados por otros autores. Weyhrich *et al.* (1998) indicaron incrementos del rendimiento de 2 a 7% por ciclo; Stojšin y Kannenberg (1994) mejoraron simultáneamente el rendimiento y otros caracteres en cinco poblaciones de maíz; Edmeades *et al.* (1999) compararon el rendimiento de grano del C8 versus el C0 de Tuxpeño sequía y encontraron incrementos significativos de 0.64 y 0.30 t/ha; Byrne *et al.* (1995) tuvieron ganancias en rendimiento de grano de 1.68% y 1.06% por ciclo en dos poblaciones de maíz. Las variedades sobresalientes detectadas en este estudio pudieran próximamente reemplazar a las variedades comerciales originales.

Conclusiones

1. La mejor variedad experimental precoz (53 días a floración) para las regiones cálidas fue “V-424 Coita C3”, con rendimiento promedio de 6.519 t/ha y produjo 0.745 t más que la población original, la cual ya se cuenta con su registro definitivo del SNICS, así como el título de obtentor correspondiente, otorgado en agosto de 2015, con el nombre de V560. 2. La mejor variedad experimental intermedia (56 días a floración) fue “V-534 Villaflores C3” con un rendimiento promedio de 6.892 t/ha e incrementos de 1.481 t sobre la variedad original, la cual ya se cuenta con su registro definitivo del SNICS, y ya se solicitó en 2017, el título de obtentor correspondiente. Se le denomina con el nombre de V561. 3. La mejor variedad experimental de ciclo tardío (60 días a floración) fue “V-526 Villaflores C3” con un





rendimiento promedio de 6.568 t/ha y un incremento de 0.968 t más sobre la variedad original. Ya se cuenta con su registro definitivo en el SNICS, y ya se le solicitó en 2017, el título de obtentor correspondiente. Se le denomina como V562. 4. La mejor variedad experimental supertardía (101 días a floración) de grano blanco para la Meseta Comiteca fue “V-229 Comiteca C6” con un rendimiento promedio de 3.615 t/ha y produjo 0.459 t más que la población original, pero puede rendir hasta 7.8 t/ha; se le caracterizó durante 2016 y 2017 y se le tramitó su registro en el Catálogo Nacional de Variedades de Plantas del SNICS, con el nombre de V240. 5. La mejor variedad experimental supertardía (101 días a floración) de grano amarillo para la Meseta Comiteca fue “V-231A Teopisca C5” con un rendimiento promedio de 3.152 t/ha y produjo 0.803 t más que la población original y puede rendir hasta 5.7 t/ha.

Literatura citada

- Bolaños, J. and G. O. Edmeades. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. *Field Crop Res.* 31(3-4):233-252.
- Byrne, P. F. J. Bolaños, G. O. Edmeades and D. L. Eaton. 1995. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. *Crop Sci.* 35(1):63-69.
- Compton, W. A. and K. Bahadur. 1977. Ten cycles of progress from modified ear-to-row selection in corn. *Crop Sci.* 17(3):378-380.
- Carballo, C. A. y A. Benítez V. (cords.). 2010. Manual gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Colegio de Postgraduados. 69 p.
- Darrah, L. L. 1986. Evaluation of population improvement in the Kenya maize breeding methods study. To feed ourselves: p.160-176. *In:* Gelaw, B. (ed.). Proc. 1st Eastern, Central and Southern Africa Regions Maize Workshop. CIMMYT. Mexico City, Mexico.
- Dhillon, B. S., A. S. Khehra and M. Singh. 1987. Modified full-sib selection and estimation of genetic parameters. *Theor. Appl. Genet.* 73(5):672-674.





- Edmeades, G. O., J. Bolaños, S. C. Chapman, H. R. Lafitte and M. Bänziger. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index. *Crop Sci.* 39(5):1306-1315.
- Khehra, A. S., B. S. Dhillon, V. K. Saxena, V. V. Malhotra, W. R. Kapoor and N. S. Malhi. 1989. Full-sib selection and simultaneous improvement of grain yield, maturity and plant height in an open-pollinated population of maize. *Sarabao J.* 20:109-117.
- Monneveux, P., C. Sánchez, D. Beck and G. O. Edmeades. 2006. Drought tolerance improvement in tropical maize source populations. *Crop Sci.* 46(1):180-191.
- Pandey, S., A. O. Diallo, T. M. T. Islam and J. Deutsch. 1986. Progress from selection in eight tropical maize populations using international testing. *Crop Sci.* 26(5):879-884.
- Pandey, S., A. O. Diallo, T. M. T. Islam and J. Deutsch. 1987. Response to full-sib selection in four medium maturity maize populations. *Crop Sci.* 27(4):617-622.
- Pixley, K. V., T. Dhiwayo and P. Tongoona. 2006. Improvement of a maize population by full-sib selection alone versus full-sib with selection during inbreeding. *Crop Sci.* 46(3):1130-1136.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Avance de siembras y cosechas en el estado de Chiapas. Primavera-Verano 2016. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 5 de julio de 2018].
- Singh, M., A. S. Khehra and B. S. Dhillon. 1986. Direct and correlated response to recurrent full-sib selection for prolificacy in maize. *Crop Sci.* 26(2):275-278.
- Stojšin, D. and L. W. Kannenberg. 1994. Genetic changes associated with different methods of recurrent selection in five maize populations. I. Directly selected traits. *Crop Sci.* 34(6):1466-1472.
- Souza, C. L. 1999. Recurrent selection and heterosis. p. 247-253. *In: Coors, J. G. and S. Pandey (eds.). The genetics and exploitation of heterosis in crops. CIMMYT. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Madison, WI, USA.*
- Vasal, S. K., B. S. Dhillon and S. Pandey. 1997. Recurrent selection methods based on evaluation-cum-recombination block. p. 139-163. *In: Janick, J. (ed.). Plant breeding reviews. Vol. 14.*
- Weyhrich, R. A., K. R. Lamkey and A. R. Hallauer. 1998. Response to seven methods of recurrent selection in the BS11 maize population. *Crop Sci.* 38:308-321.





EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO

José Luis Guzmán Díaz³⁹, David Sánchez Aspeytia^{40*} y Mario Ernesto Vázquez Badillo³⁹

Resumen

La producción de tomate bajo condiciones de invernadero genera divisas de mayor valor a las de producir a campo abierto, debido a que las plantas se adaptan mejor bajo condiciones controladas y generan mayor rendimiento. El presente trabajo se desarrolló en 2016, en el Campo Experimental Saltillo (CESAL) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); se evaluaron cinco sustratos en invernadero para conocer el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de tomate. Se evaluó la línea experimental INI-01-15 generada en el CESAL del INIFAP. Los sustratos fueron: peat moss (T1), heno de mota normal (T2), tierra con vermiculita (T3), heno de mota composteado (T4) y fibra de coco (T5); cada uno de éstos con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: clorofila (CL), altura de planta (AP), grados Brix (GB) y rendimiento (R). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS, versión 9.0. Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en cada una de las variables evaluadas; éstas se hicieron presentes en la clorofila en las fechas 1 y 5 en el sustrato fibra de coco, con el que se obtuvo el mayor rendimiento, seguidos del sustrato peat moss y el heno de mota composteado.

Palabras clave: sustratos, clorofila, rendimiento, agricultura protegida, tomate

³⁹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)-Departamento de Fitomejoramiento.

⁴⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Saltillo (CESAL). *aspeytia.david@inifap.gob.mx





Introducción

En México, el cultivo de tomate cobra relevancia económica y social, por las divisas y empleos que genera; los sistemas de producción de esta hortaliza se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporar tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía, así como el uso de sustratos.

Por lo anterior, los sustratos son uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo, pues constituyen el medio en que se desarrollan las raíces, las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plántulas, por lo que se espera optimizar la producción y reducción de costos bajo agricultura protegida.

En este sentido, existen en el mercado diversos sustratos que se utilizan para la producción comercial de tomate, sin embargo, en los bosques del noreste de México existe una plaga vegetal denominada heno de mota (*Tillandsia recurvata* L.); investigadores del CESAL del INIFAP en conjunto con los productores buscan darle una utilidad a esta plaga, mediante la formación de sustratos para especies hortícolas como el tomate. Por esta razón, el presente trabajo de investigación consiste en determinar el comportamiento del heno de mota y compararlo con otros sustratos en el desarrollo del cultivo de tomate.

Materiales y métodos

El presente experimento se realizó en el CESAL del INIFAP, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coah., México, el cual se encuentra geográficamente en las coordenadas 101° 01' 59" de longitud oeste y 25° 20' 41" de latitud norte, a una altitud de 1,792 m. El clima es seco BsoKW (e), con un verano cálido, y una precipitación pluvial media anual de 214 mm (García, 1986).

Se evaluó la línea de tomate INI-01-15, de crecimiento indeterminado, obtenida en el CESAL en 2015. Los sustratos evaluados se muestran en el Cuadro 1. La siembra de la semilla de tomate se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con sustrato peat moss, aplicando un riego al momento de la siembra y se colocaron en el invernadero para la germinación y desarrollo de las plántulas. El trasplante se realizó el 12 de mayo de 2016; el





lote experimental se conformó de cuatro hileras de tres plantas por repetición (sustrato). Las plántulas se colocaron en bolsas de 4 kg a 0.50 m entre plantas y 1.00 m entre hileras, lo que da cuatro plantas/m². A partir de este momento se realizó el manejo del cultivo, el cual consistió en la aplicación de riegos, fertilización, podas, deshierbe y la aplicación de productos químicos, para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades. El sistema de riego se realizó mediante sistema por goteo. La fertilización se realizó con la fórmula 196 N, 232 P, 174 K y 113 Ca, mediante una solución nutritiva correspondiente a 100 L de agua con adición de 500 mL de solución A y 200 mL de solución B, más 50 mL de solución amortiguadora de pH.

Cuadro 1 Tratamientos utilizados en el cultivo de tomate en el CESAL. INIFAP. 2016.

Tratamientos	Sustratos
1	Peat moss (turba)
2	Heno de mota
3	Tierra con perlita
4	Heno de mota composteado
5	Fibra de coco (bolis)

El tutorado se realizó 20 días después del trasplante, el cual consistió en amarrar la planta con una rafia a la base del tallo, a modo que no causara lesiones a la planta y enrollándola en zig-zag, con el fin de darle estabilidad a la planta; los tutorados fueron en forma vertical y horizontal. La poda se efectuó entre los 15 y 20 días después del trasplante, con la aparición de los primeros tallos laterales, denominados “chupones” o “mamones”, los cuales fueron eliminados, al igual que las hojas más viejas de la parte interior, con la ayuda de pinzas para podar, previamente desinfectadas.

Se utilizó un diseño experimental bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: clorofila (CL), altura de planta (AP), grados Brix (GB) y rendimiento (R). Con el paquete estadístico SAS versión 9.0, se realizó un análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey al 5% de probabilidad de error.





Resultados y discusión

En La Figura 1 se muestra la dispersión del parámetro de clorofila en los cinco tratamientos, lo que refleja en gran medida la capacidad fotosintética en cada una de las etapas fenológicas del cultivo y de los sustratos en la planta.

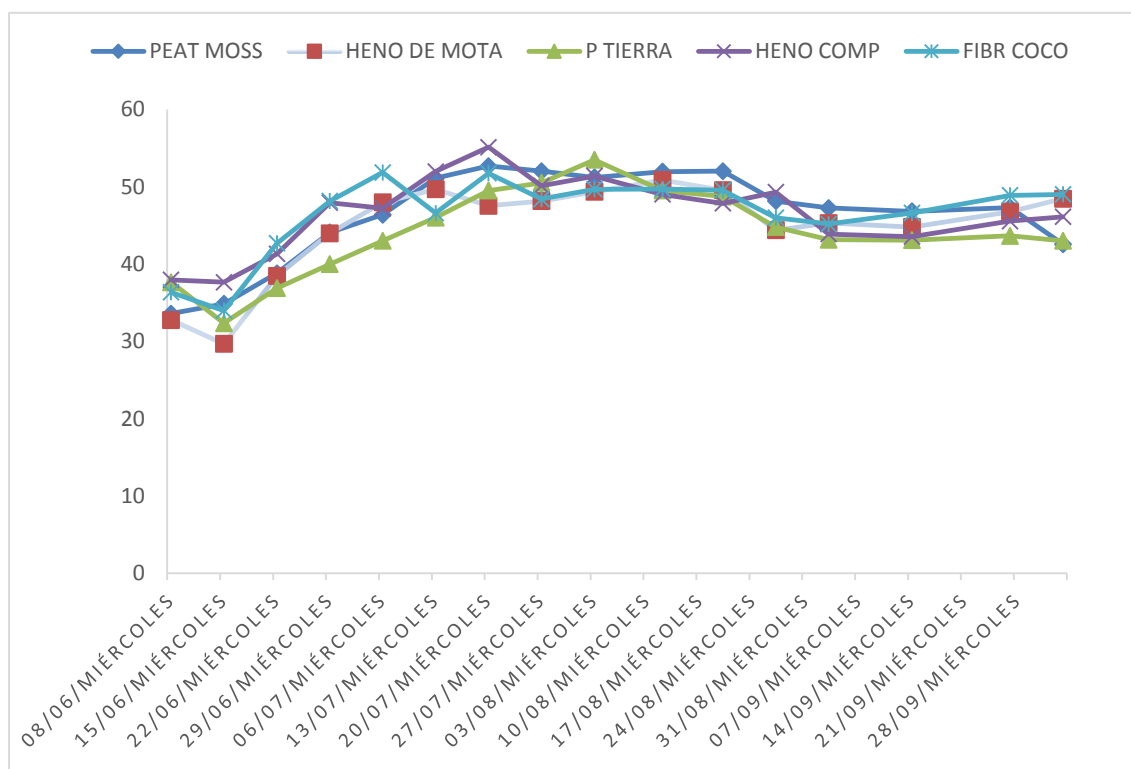


Figura 1. Dispersión de la variable de clorofila evaluada en el cultivo de tomate producido en cinco sustratos en condiciones de invernadero en el CESAL. INIFAP. 2016.

Los resultados del análisis de varianza de la variable clorofila evaluada en el cultivo de tomate, en condiciones de invernadero se muestra en el Cuadro 2; se observa que en la fuente de variación de tratamientos (sustratos) no se detectaron diferencias en las 16 fechas en que se evaluó clorofila, con excepción de la primera y quinta fecha (CL1 y CL5), en las que mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). En cuanto al coeficiente de variación, éste se mantuvo en un rango de 4 a 10%, lo cual indica confianza en los resultados obtenidos.





Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable de clorofila en 16 fechas para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en el CESAL. INIFAP. 2016.

FV	GL	CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	CL 5	CL 6	CL 7	CL 8
Tratamiento	4	14.41*	27.20	12.65	36.9	43.01*	38.5	18.4	23.7
Error	8	2.63	13.11	4.32	9.14	9.03	20.8	7.4	7.4
C.V. (%)		4.54	10.70	5.23	6.74	6.35	9.2	5.32	5.32
Media		35.67	33.72	39.7	44.8	47.3	49.09	51.3	51.3

FV	G.L	CL 9	CL 10	CL 11	CL 12	CL 13	CL 14	CL 15	CL 16
Tratamiento	4	14.1	10.03	51.70	14.53	10.35	8.53	13.3	21.92
Error	8	11.5	5.72	15.01	3.9	4.12	5.75	6.42	15.08
CV (%)		6.6	4.7	7.8	4.27	4.45	5.33	5.45	8.67
Media		51.0	50.23	49.5	46.5	45.5	44.9	46.0	45.8

CL 1 a CL 16 = Valores de clorofila en las fechas 1 a la 16.

Con respecto a la comparación de medias de la variable de clorofila, ésta fue muy estable durante el desarrollo del trabajo; en la primera fecha (que comenzó a los 20 días después del trasplante), se observaron valores de entre 30 y 38 unidades de clorofila (Figura 1); los tratamientos: T3 (tierra con vermiculita) y T4 (heno de mota composteado) tuvieron los valores más altos en la CL 1, con 37.6 y 37.9, respectivamente. A medida que se tomaban los datos de la etapa fenológica de la planta en desarrollo, la clorofila iba en aumento constante, pero no había diferencias significativas entre sustratos, sin embargo, en la quinta fecha (CL 5) realizada el 6 de julio, el tratamiento (T5) que corresponde a la fibra de coco, mostro el valor más alto en comparación con los otros sustratos, al registrar 51.8 unidades de clorofila, mientras que, los demás sustratos se mantuvieron en un rango de entre 40 y 46 unidades de clorofila. Durante las etapas de floración y llenado de fruto, la clorofila se mantuvo casi estándar en los cinco sustratos con un rango de 46 y 52 unidades durante las muestras tomadas del 13 de julio al 24 de agosto del 2016, sin embargo, no existieron diferencias significativas en el cultivo. En este sentido, hay que resaltar que con el tratamiento T1 a base de peat moss y T5 con fibra de coco se obtuvieron los valores más altos de clorofila.

Durante la etapa de cosecha del tomate, la clorofila empezó a disminuir a medida que se cosecharon los frutos, pero esta disminución no fue significativa, sin embargo, si se observó la disminución a través de los muestreos, los cuales se mantuvieron entre 44 y 48 unidades





SPAD. Puede mencionarse que la actividad fotosintética en el cultivo de tomate, indica que los valores más altos de clorofila se obtuvieron en las plantas a los 40 días después del trasplante (Figura 2). Estos resultados coinciden con lo reportado por Wilcox (1994), quien indica que conforme transcurren los días después del trasplante y se desarrolla la planta de tomate, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye, para canalizarse en el fruto. Rodríguez *et al.* (1998) encontraron diferencias significativas entre fechas de muestreo de la clorofila en el cultivo de tomate, e indicaron que los valores más altos de clorofila, se obtuvieron a los 45 días después del trasplante, los cuales disminuyeron conforme al desarrollo del cultivo.

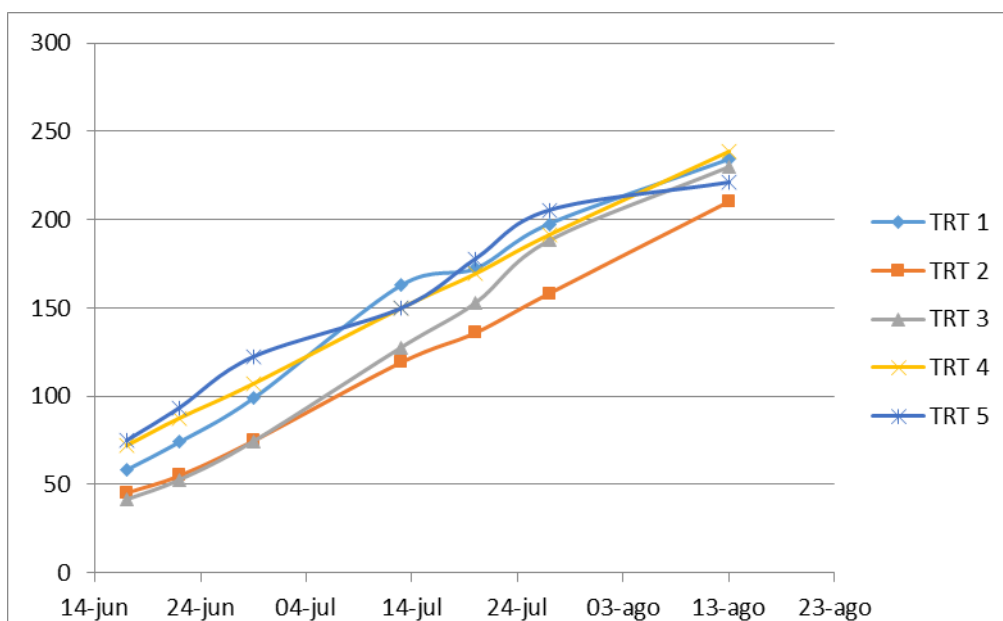


Figura 2. Efecto de la altura de plantas en tomate producido bajo diferentes sustratos en condiciones de invernadero en el CESAL. INIFAP. 2016. TRT 1 = Peat moss; TRT 2 = Heno de mota normal; TRT 3 = Tierra con perlita; TRT 4 = Heno de mota composteado y TRT 5 = Fibra de coco.

Cabe mencionar, que en el heno de mota normal no se detectaron diferencias significativas en la clorofila, sin embargo, con el heno de mota composteado se alcanzaron mayores unidades de clorofila; éste se comportó mejor que los demás sustratos y solo fue menor que la fibra de coco, a nivel de los demás sustratos; lo anterior indica que el heno de mota es una buena opción regional, para utilizarlo como sustrato, por la capacidad de asimilar los nutrientes y facilitar la retención de agua.





En la variable altura de planta se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las primeras cinco fechas, mientras que en las fechas 6 y 7, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 3). En cuanto al coeficiente de variación, los valores máximos fueron de 27, 23 y 21%, en las fechas 1, 2 y 3 respectivamente.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia en altura de plata bajo diferentes sustratos y en condiciones de invernadero. CESAL. INIFAP. 2016.

FV	GL	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7
Tratamiento	4	1500.6*	2399.4*	3258.3*	2634.1*	2952.2*	3645.3	4390
Error	38	252	302	437.2	733.4	570.5	1319.7	1164
CV %		27%	23%	21.7%	19.08%	14.7%	19.3%	15.04%
Media		58.40	72.6	95.5	141.9	161.5	188	226

FV= Fuentes de variación. CV (%) = Coeficiente de variación. GL = Grados de libertad. F= Fechas.

En la Figura 2, se aprecia la dinámica de crecimiento del cultivo, en donde, a partir de los 25 días después del trasplante, en las primeras cinco fechas se tomaron los valores de altura de planta. Los tratamientos a base de fibra de coco, heno de mota composteado y peat moss mostraron las mayores alturas de planta, incluso llegando a la etapa fenología de la floración y la carga de frutos; en este sentido, se asume que una vez que los frutos empiezan a crecer el crecimiento vegetativo disminuye. Sin embargo, en la cuarta fecha, con peat moss se obtuvo la mayor altura de planta, mientras que en la quinta fecha, el peat moss, la fibra de coco y heno de mota composteado volvieron a mostrar los valores más altos y similares entre sí; este cambio en la altura de las plantas, pudo deberse a un disturbio, exceso o disminución de agua o algún efecto de los sustratos, mientras que, en la sexta y séptima fecha, todos los tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí. Cabe resaltar, que del día de trasplante a la última fecha transcurrieron 94 días, en los que las plantas alcanzaron un crecimiento promedio de entre 2.10 y 2.40 m. Moreno *et al.* (2005) no encontraron diferencias en altura de planta al evaluar tomate en tratamientos de composta de diferentes fuentes y un testigo hidropónico; en cambio, Rodríguez *et al.* (1998) mencionan que los incrementos en la altura repercuten en un mayor número de hojas, y por tanto, un mayor contenido de clorofila. Cabe mencionar, que el heno de mota normal y tierra con perlita no mostraron diferencias estadísticas en el análisis de varianza en ninguna de las fechas, aunado a esto, se puede decir, que el heno de mota fue superior en crecimiento a tierra con perlita.





Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la variable rendimiento (R), mientras que en la variable grados Brix (GBRIX), no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia de las variables: grados Brix y rendimiento en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero en tomate CESAL. INIFAP. 2016.

FV	GL	GBRIX	R
Tratamiento	4	0.304	3303.43*
Error	8	0.284	734.705
CV %		12.35	19.075
Media		4.32	137.189

GBRIX = Grados Brix. R = Rendimiento.

Con respecto al rendimiento (R), el tratamiento cinco a base de fibra de coco, obtuvo un valor (155.5 t/ha), superior al resto de los tratamientos; Zárate (2007) obtuvo rendimientos más bajos al utilizar este tipo de sustrato.

Los valores de grados Brix en fruto, se mantuvieron en un rango de 4.1 a 4.4 °Brix; con el sustrato de heno de mota composteado se tuvo el valor más alto con 4.4°Brix. Díez (2001) menciona que el tomate para el procesado y consumo en fresco, debe tener un contenido de sólidos solubles de 4.5 a 5.5 °Brix. Cabe resaltar, que con el heno de mota normal se alcanzó un rendimiento mayor a las 100 t/ha, mientras que con el heno de mota composteado, se obtuvo un rendimiento que compitió con el peat moss y la fibra de coco, los cuales fueron los tratamientos más sobresalientes, por lo que se considera de gran beneficio para hacer de esta plaga forestal, un sustrato regional en la producción de tomate en invernadero.

Conclusiones

1. El heno de mota composteado alcanzó mayores unidades de clorofila y se comportó mejor que los demás sustratos; este sustrato solo fue menor que la fibra de coco. 2. El heno de mota normal alcanzó un rendimiento superior a las 100 t/ha, mientras que el heno de mota composteado compitió con el peat moss y la fibra de coco, que fueron los tratamientos más





sobresalientes. 3. Esto indica que el heno de mota es una buena opción regional para usarla como sustrato por la capacidad de asimilar los nutrientes y facilidad de retención de agua.

Literatura citada

- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales en el cultivo de tomate. p. 95-129 *In*: Nuez, F. (ed.). Mundi-prensa. México.
- García, E. 1986. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 1ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 246 p.
- Moreno, R. A., M. T. Valdés P. y T. Zárate L. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65(1):26-34.
- Rodríguez, M. M. N., G. Alcántara G., A. Aguilar S., J. B. Etchevers D. y J. A. Santizó R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana* 16(2):135-141.
- Wilcox, E. G. 1994. Tomato. p. 127-141. *In*: Bennett, N. F. (ed.). *Nutrient deficiencies of toxicities in crop plants*. APS Press. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA.
- Zárate, B. 2007. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos bajo invernadero. Tesis de maestría. C. I. D. I. R. Oaxaca, México.





DISMINUCIÓN DEL ABORTO EN VAINILLA CON REGULADORES DE CRECIMIENTO

Juan Hernández Hernández^{41*}, Sergio A. Curti Díaz⁴² y Ángel Ríos Utrera⁴³

Resumen

En México se estima que la producción de vainilla ha disminuido en 70% en los últimos 15 años, debido principalmente al aborto o caída de sus frutos. Este fenómeno ocurre cada año, en menor o mayor magnitud, con pérdidas de hasta un 90%. El estudio se realizó en 2015, en el ejido Fuerte de Anaya, municipio de Tecolutla, Veracruz, para determinar el efecto de algunos reguladores de crecimiento (RC) sobre la retención de frutos de vainilla. Se evaluaron los RC comerciales clorhidrato de aminoetoxivinilglicina (125 y 250 ppm), 1-ácido naftalenacético (2.7 y 27 ppm), benciladenina (75 y 150 ppm), ácido giberélico (25 y 50 ppm), la mezcla de ácido 2,4 diclorofenoxiacético (32 ppm) + forclorfenuron (5 mL/L de agua), más un testigo. Los RC se aplicaron en los mismos ovarios/frutos de cada racimo, en dos ocasiones: A los 16 y 44 días después haber iniciado la floración/polinización (DDP). El aborto de frutos, atribuible principalmente a los factores biológicos, fisiológicos, genéticos y climáticos, ocurrió entre los 45 y 57 DDP; una vez finalizado este evento, se realizó el conteo de frutos retenidos por racimo. Esta variable de respuesta, se analizó en diseño experimental completamente al azar y la comparación entre medias se realizó con la opción PDIFF. El análisis estadístico indicó que con la aplicación de ácido 2,4 diclorofenoxiacético (auxina) + forclorfenuron (citocinina) se tuvo el mayor porcentaje de frutos retenidos por racimo (91%), el cual significativamente diferente ($p < 0.05$) a todos los demás, incluido el testigo (60%). El clorhidrato de aminoetoxivinilglicina a 250 ppm retuvo 74% de frutos por racimo, siendo diferente ($p < 0.05$) a la benciladenina, al ácido giberélico y al testigo. Se concluye que, el uso de estos productos es prometedor, para reducir el aborto en vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) en 30%, con respecto al testigo (sin RC).

⁴¹ Campo Experimental Ixtacuaco. INIFAP. *hernandezh.juan@inifap.gob.mx

⁴² Centro de Investigación Regional Golfo Centro. INIFAP.

⁴³ Campo Experimental La Posta. INIFAP.





Palabras clave: *Vanilla planifolia*, polinización, retención de frutos, fitohormonas

Introducción

La vainilla natural es uno de los saborizantes más populares y caros en el mundo, que alcanza actualmente el precio que tiene la plata. La producción mundial es escasa, debido a que es afectada por diversos factores biológicos, climáticos y socioeconómicos. En México se estima que el volumen de producción de vainilla ha disminuido en 70% en los últimos 15 años. Una de las principales causas es la caída o aborto de frutos (AF), que normalmente ocurre entre 42 y 60 días después de la polinización manual de las flores (Hernández, 2011), período que coincide generalmente con el mes de junio. El aborto ha ocurrido en plantaciones de temporal y de riego y con todas las variantes de manejo del cultivo relativas a la nutrición, sombra y manejo fitosanitario, por lo que ha sido difícil su prevención. El aborto señalado fue muy alarmante en 2007, 2010 y 2011, con pérdidas de hasta 90% de los frutos, principalmente en los sistemas de cultivo “casa-sombra” y a campo abierto con tutor de naranjo, ubicados en la zona costera de Veracruz, con altitudes menores a los 300 m (Hernández, 2011), mientras que, en los últimos seis años (2012-2018) el AF fluctuó de 10 a 50%. En muchas especies de plantas, el aborto se ha relacionado con factores biológicos, nutricionales, climáticos, fisiológicas y genéticos (Garner y Lovatt, 2016; Ashraf *et al.*, 2012; Borbolla *et al.*, 2016). El AF en vainilla se ha asociado al estrés que sufre la planta, debido a la ocurrencia de temperaturas mayores de 32°C y humedad relativa menor de 80% (Hernández, 2011), condiciones que se han registrado en ciertos años, principalmente cuando han existido sequías prolongadas en el área productora del Totonacapan, México. Dicho estrés climático aparentemente provoca un desbalance hormonal en la planta, lo que disminuye las hormonas que favorecen la fijación del fruto, como las auxinas, giberelinas y citocininas, e incrementa el ácido abscísico y el etileno, que promueven su abscisión (Modise *et al.*, 2009; Khandaker *et al.*, 2016; Salazar *et al.*, 2016). Para compensar la disminución de estas fitohormonas, principalmente las auxinas, se han usado reguladores de crecimiento (RC) (Nawaz *et al.*, 2008; Kundu *et al.*, 2013). Sin embargo, existe poca información específica sobre RC que eviten la caída de los frutos en *Vanilla planifolia*, aunque sí existe





suficiente información al respecto en otras orquídeas y en algunos frutales (Kvikliene *et al.*, 2010; Cetinbas y Koyuncu, 2011; Khandaker *et al.*, 2016; Naseem *et al.*, 2016; Nickell, 2018). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de algunos reguladores de crecimiento comerciales en la retención de frutos de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) cv. Mansa.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante 2015, en un vainillal comercial con tutor o soporte toronjo (*Citrus paridis*), en condiciones de temporal, en el ejido Fuerte de Anaya, municipio de Tecolutla, Veracruz, localizado en las coordenadas: 20°18'37" LN y 96°59'29" LO, a una altitud de 7 m. Para el experimento, se seleccionaron 70 plantas de vainilla, separadas al menos por 3 m; en cada una de ellas se seleccionaron y etiquetaron siete racimos de frutos, considerado como la unidad experimental de cada tratamiento en estudio. En cada racimo, se tuvo un promedio de 7.07 frutos de diferentes edades o tamaños, con una longitud de 5 a 16 cm y un diámetro de 4 a 10 mm, provenientes de las flores polinizadas manualmente, durante el periodo del 22 de abril al 10 de mayo de 2015.

Se evaluaron los siguientes RC comerciales: clorhidrato de aminoetoxivinilglicina (AVG), 1-ácido naftalenacético (ANA), benciladenina (BA), ácido giberélico (AG₃) y la mezcla de ácido 2-4, diclorofenoxiacético (2, 4-D) + forclorfenuron (CPPU). El AVG, es un producto que inhibe la producción de etileno, utilizado en frutales para retardar la maduración del fruto, su cosecha y prolongar su vida de anaquel (Clayton *et al.*, 2000; Cetinbas y Koyuncu, 2011), mientras que los demás RC indicados, se han probado para incrementar el desarrollo, retención y calidad de frutos en frutales y hortalizas, principalmente (Clayton *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2009; Kvikliene *et al.*, 2010; Cetinbas y Koyuncu, 2011). La preparación de las soluciones con RC se realizó de la siguiente manera: en una cubeta de plástico se vertieron 10 L de agua con bajo contenido de sales y se agregaron 8 mL de un producto acidificante, para acidificarla a un pH de 5.5. Después se agregó el RC correspondiente, en las cantidades especificadas en el Cuadro 1, para obtener la concentración deseada de cada tratamiento. El tratamiento testigo consistió en aplicar solamente dicho acidificante, en las





cantidades ya especificadas. Se realizaron dos aplicaciones de los tratamientos siempre en los mismos racimos etiquetados, a los 16, y 44 días después de haberse iniciado la floración/polinización (DDP), es decir, en un intervalo de 28 días entre la primera y la segunda aplicación. Los RC se asperjaron con un atomizador manual con capacidad de 1 L, mojando perfectamente todos los frutos del racimo. Una vez que ocurrió el aborto de los frutos, entre los 45 y 57 DDP, se colectaron y contaron los frutos abortados. Estos frutos se revisaron en el laboratorio, utilizando un estereoscopio para registrar si tenían óvulos y/o semillas formadas, así como el color de los mismos. Posteriormente, a los 77 DDP se obtuvo el porcentaje de frutos retenidos por racimo, dividiendo el número de frutos retenidos entre el número de frutos iniciales, multiplicado por 100. Con la finalidad de conocer las condiciones climáticas que se presentaron durante el estudio, se registró la temperatura y humedad relativa, máximas y mínimas con un sensor/registrador, durante el desarrollo del ovario/fruto y el aborto de los mismos, así como la precipitación pluvial, mediante un pluviómetro, durante todo el periodo del experimento.

Cuadro 1. Reguladores de crecimiento (RC) evaluados para conocer su efecto en la retención de frutos de vainilla. Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver., 2015.

Tratamiento	Concentración del RC	Producto comercial	
		Concentración	Cantidad en 10 L
RC [£]	(ppm)	(% de i.a.)	de agua
AVG	125	15	8.3 g
AVG	250	15	16.6 g
ANA	2.7	0.45	6 g
ANA	27	0.45	60 g
BA	75	1.9	39.5 mL
BA	150	1.9	78.9 mL
AG ₃	25	10	2.5 g
AG ₃	50	10	5 g
2,4-D éster + CPPU	32 + 5 mL L ⁻¹ de agua	48 + 0.2	0.60 mL + 50 mL
Testigo			

[£] AVG = clorhidrato de aminoetoxivinilglicina, ANA = 1-ácido naftalenacético, BA = benciladenina, AG₃= ácido giberélico, CPPU = forclorfenuron, 2, 4-D = ácido 2-4, diclorofenoxiacético, Testigo= Sin RC.

La variable de respuesta frutos retenidos por racimo (donde el efecto principal fue el regulador de crecimiento), se analizó en diseño experimental completamente al azar, con el





procedimiento GLM (PROC GLM) del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2011). Las comparaciones entre medias se realizaron con la opción PDIFF del procedimiento mencionado. En notación matemática el modelo estadístico se representa de la siguiente manera:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij},$$

donde:

y_{ij} = es la j -ésima observación de la variable de respuesta (frutos retenidos por racimo).

μ = es la media general.

α_i = es el efecto fijo del i -ésimo regulador de crecimiento ($i=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10$).

ϵ_{ij} = es el j -ésimo error aleatorio.

$$y_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2).$$

Resultados y discusión

Las estadísticas descriptivas de la variable de respuesta, así como los grados de libertad, valores de F y la significancia estadística se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas^a de la variable de respuesta.

Variable	N	Media	DE	CV (%)	Min	Max	GL	Valor de F	Significancia
FRR (%)	70	64.9	16.7	25.7	32.1	100	9	6.05	<0.0001

FRR = Frutos retenidos por racimo. ^aN = número de observaciones; DE = desviación estándar; CV = coeficiente de variación; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; GL= grados de libertad.

La media general, mínimo y máximo de frutos retenidos por racimo fueron 64.9, 32.1 y 100%, respectivamente. El análisis estadístico indicó que el regulador de crecimiento fue un efecto significativo ($p < 0.05$) para frutos retenidos por racimo.

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar para frutos retenidos por racimo, por regulador de crecimiento, se muestran en el Cuadro 3. La mezcla de ácido 2-4 diclorofenoxiacético y forclorfenuron retuvo más frutos por racimo (91%) y fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$) a los demás reguladores de crecimiento y al testigo (60%). Este resultado es similar al obtenido en el mismo ejido señalado anteriormente, en el año 2016, donde esta misma mezcla fue el mejor tratamiento, con una retención de frutos de





86%, seguida de 2,4-D (75%) y el testigo de 50% (Hernández *et al.*, 2017). En otros estudios realizados en vainilla, se menciona que el 2,4-D tiene mayor translocación de un ovario/fruto a otro dentro del mismo racimo (Gregory *et al.*, 1967); es probable que, por esta razón, el 2,4-D mezclado con CPPU tuvo un efecto positivo sobre una mayor cantidad de frutos retenidos de diferentes edades o tamaños dentro del mismo racimo. Asimismo, el 2, 4-D mezclado con forclorfenuron tiene mayor amarre que cuando se aplica solo, lo cual ya había sido indicado (Hernández *et al.*, 2017).

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para frutos de vainilla retenidos por racimo, por regulador de crecimiento (dosis baja y alta). Ejido Fuerte de Anaya, Tecolutla, Ver. 2015.

Regulador de crecimiento ^z	Frutos retenidos por racimo (%)
AVG-125	71.6 ± 4.9 ^{bc}
AVG-250	73.8 ± 4.9 ^b
ANA-2.7	60.0 ± 4.9 ^{bcde}
ANA-27	65.4 ± 4.9 ^{bcd}
BA-75	56.8 ± 4.9 ^{de}
BA-150	67.3 ± 4.9 ^{bcd}
AG3-25	49.5 ± 4.9 ^e
AG3-50	53.5 ± 4.9 ^{de}
2,4 D+CPPU	91.4 ± 4.9 ^a
Testigo	59.8 ± 4.9 ^{cde}

^{a,b,c,d}Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). ^zAVG-125 y -250 = clorhidrato de aminoetoxivinilglicina a 125 y 250 ppm; ANA-2.7 y -27 = 1-ácido naftalenacético a 2.7 y 27 ppm; BA-75 y -150 = benciladenina a 75 y 150 ppm; AG3-25 y -50 = ácido giberélico a 25 y 50 ppm; 2,4 D+CPPU = ácido 2-4 diclorofenoxiacético + forclorfenurón; Testigo = sin regulador de crecimiento.

Por otro lado, en otros cultivos, se ha indicado que el forclorfenuron en dosis de 2 mL/L de agua, incrementa el amarre de frutos en mango Ataúlfo hasta cinco veces más que el testigo (Pérez *et al.*, 2009). El 2,4-D es un herbicida que en bajas concentraciones tiene un efecto hormonal y es comúnmente utilizado en muchos países para la retención de frutos en hortalizas y frutales (Anthony y Coggins Jr., 2001; Lovatt, 2008; Khandaker *et al.*, 2016). Asimismo, se menciona que el 2,4-D no presenta riesgos significativos a la salud, después del consumo de frutas de cítricos tratados con esta auxina (Weijun *et al.*, 2015).

Por su parte, el clorhidrato de aminoetoxivinilglicina a 250 ppm con un 74% de frutos retenidos por racimo, fue estadísticamente diferente ($p < 0.05$) a la benciladenina a 75 ppm, al





ácido giberélico a 25 y 50 ppm y al testigo. El AVG, aplicado solo o combinado con otros reguladores de crecimiento, retrasa la maduración temprana en frutales como pera y manzana, entre otros (Clayton *et al.*, 2000; Wargo *et al.*, 2004; Yuan y Carbaugh, 2007). El AVG reduce la producción de etileno y la síntesis de proteína, como se demostró en un estudio que se realizó en tomate (Saltveit, 2005). La retención de frutos logrados con el 2,4-D y el AVG soportan la premisa planteada, de que las fitohormonas están involucradas en la abscisión de frutos. Si los resultados encontrados a nivel experimental se mantienen en plantaciones comerciales, los productores podrán contar con un primer tratamiento para disminuir el aborto en la vainilla, en alrededor de 30%, con respecto al testigo (sin RC).

Las condiciones climáticas que se presentaron en el sitio de estudio, particularmente en el mes de junio (periodo de aborto), fueron: las temperaturas máximas absolutas, durante el día variaron de 30 a 34°C, con un promedio de 32.05°C, humedad relativa mínima de entre 55 y 83% (promedio 70.10%) y la precipitación pluvial total de 56.5 mm. Estas condiciones extremas registradas en el sitio de estudio pudieron provocar un estrés en la planta y favorecer el aborto de los frutos. Los primeros frutos con síntomas típicos de aborto, que inicia con el cambio de su color verde a amarillo, se observaron a finales del mes de junio, una vez que se presentaron las condiciones señaladas y los frutos tuvieron entre 45 y 57 DDP. Los frutos abortados no alcanzaron a madurar sus semillas, sólo se observaron los óvulos de color blanco y café claro, mientras que los frutos que fueron tratados con reguladores de crecimiento, principalmente con el 2,4-D, conservaron su color verde y alcanzaron a formar sus semillas negras a los 56 DDP y no abortaron, dado que sus óvulos posiblemente alcanzaron a ser fecundados, ya que este evento biológico en vainilla ocurre entre 24 y 60 días (Parra *et al.*, 1990; Montes *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2018).

Conclusiones

1. Los reguladores de crecimiento 2,4-D a 32 ppm + forclorfenuron en concentración de 5 mL de producto comercial/L de agua y el clorhidrato de aminoetoxivinilglicina a 250 ppm, tuvieron un efecto positivo en la retención de frutos de la vainilla, por lo que, es promisorio el uso de estos productos para reducir el aborto en vainilla en 30%.





Literatura citada

- Anthony, M. F. and Ch. W. Coggins, Jr. 2001. NAA and 3,5,6-TPA control mature fruit drop in California citrus. *Hortscience* 36(7):1296-1299.
- Ashraf, M.Y., M. Yaqub, J. Akhtar., M. A. Khan and G. Ebert. 2012. Control of excessive fruit drop and improvement in yield and juice quality of Kinnow (*Citrus deliciosa* x *Citrus nobilis*) through nutrient management. *Pak. J. Bot. (Special Issue)*:259-265.
- Borbolla, P. V., L. G. Iglesias A., B. E. Herrera C. y A. Vovides P. 2016. Aborción prematura de frutos de *Vanilla planifolia* Jacks. *Ex Andrews. Agroproductividad* 9(9):11-12.
- Cetinbas, M. and F. Koyuncu. 2011. Effects of aminoethoxyvinylglycine on harvest time and fruit quality of 'Monroe' peaches. *Tarim Bilimleri Dergisi* 17(3):177-189.
- Clayton, M., W. V. Biasi, S. M. Southwick and E. J. Mitcham. 2000. ReTain™ affects maturity and ripening of "Barlet" pear. *HorScience* 35(7):1294-1299.
- Garner, L. C. and C. J. Lovatt. 2016. Physiological factors affecting flower and fruit abscission of 'Hass' avocado. *Scientia Horticulturae* 199:32-40.
- Gregory, L. E., M. H. Gaskins and C. Colberg. 1967. Parthenocarpic pod development by *Vanilla planifolia* Andrews induced with growth-regulating chemicals. *Economy Botany* 21:351-357.
- Hernández, H. J. 2011. Mexican vanilla production. p. 3-24. *In*: Havkin-Frenkel, D. and F. C. Belanger (eds.). *Handbook of vanilla science and technology*. 1st ed. Willey-Blackwell Publishing. New Jersey, USA.
- Hernández, H. J., S. A. Curti D. y A. Ríos U. 2017. Retención de frutos en *Vanilla planifolia* Jacks. *Ex Andrews con reguladores de crecimiento*. p. 683-691. *In*: Memoria de la Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria, 2017. III Reunión Internacional Científica y Tecnológica. III Congreso Mexicano de Investigación en Cítricos. VI Simposium Internacional de Avicultura Familiar y de Traspatio. Veracruz, Ver.
- Hernández, M. O. A., Y. Cruz R., J. E. Campos C., B. E. Herrera C. y V. M. Salazar R. 2018. Expresión diferencial del gen ARF8, involucrado en el metabolismo de auxinas durante la transición de flor a fruto en *Vanilla planifolia* Jacks. *Ex Andrews. Agroproductividad* II (3):15-21.





- Khandaker, M. M., N. Suhaida I., S. Zuriani I., A. Majrashi, A. Alebedi and N. Mat. 2016. Causes and prevention of fruit drop of *Syzygium samarangense* (wax apple): A review. *Advances in Environmental Biology* 10(11):112-123.
- Kundu, M., R. Joshi, P. N. Rai and L. D. Bist. 2013. Effect of plant bio-regulators on fruit growth, quality and productivity of pear [*Pyrus pyrifolia* (Brum.) Nakai] cv Gola under tarai condition. *Journal of Applied Horticulture* 15(2):106-109.
- Kvikliene, N., D. Kviklys and A. Sasnauskas. 2010. Effect of plant growth regulators on apple fruit preharvest drop and quality. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 18(2):79-84.
- Lovatt, C. J. 2008. UC IPM pest management guidelines: Citrus plant growth regulators: General information. UC ANR publication 3441. Botany and Plant Sciences. UC Riverside. <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r107900111.html> [consultado el 26 de enero de 2016].
- Modise, D. M., A. S. Likuku, M. Thuma and R. Phuti. 2009. The influence of exogenously applied 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on fruit drop and quality of navel oranges (*Citrus sinensis* L.). *African Journal of Biotechnology* 8(10):2131-2137.
- Montes, F. L., C. Geneviere, J. L. Veedeil and E. Odoux. 2010. Anatomy and biochemistry of vanilla bean development (*Vanilla planifolia* G. Jackson). p. 149-171. In: Odoux, E. and M. Grisoni (eds.). *Vanilla*. Vol 47. CRC Press. Taylor and Francis Group.
- Naseem, S., M. Mohsin M., M. Noor-ul-Nisa and M. Afzal J. 2016. Comparative evaluation of naphthalene acetic acid and urea for preventing premature fruit drop and improving fruit yield and quality in Ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) cv. Suffon. *Journal of Agricultural Research* 54(1):55-62.
- Nawaz, A. M., W. Ahmad, S. Ahmad and M. Mumtazkan. 2008. Role of growth regulators on preharvest fruit drop, yield and quality in kinnow mandarin. *Pak. J. Bot.* 40(5):1971-1981.
- Nickell, L. G. (ed.). 2018. *Plant growth regulating chemicals*. Volume 1. CRC Press. 273 p.
- Parra, Q. R. A., H. González R. y E. M. Engleman 1990. Cultivo *in vitro* y anatomía de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *Agrociencia serie Fitociencia* 1(1):189-202.





- Pérez, B. M. H., V. Vázquez V., J. A. Osuna G. y M. A. Urias L. 2009. Incremento del amarre y tamaño de frutos partenocárpicos en mango “Ataúlfo” con reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo serie Horticultura* 15(2):183-188.
- Salazar, R. V. M., E. Sandoval Z., C. V. Granados H., Y. Cruz R., B. E. Herrera C. y J. E. Campos C. 2016. Descripción estructural y funcional de caída prematura de frutos de *Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews. *Agroproductividad* 9(9):17-18.
- Saltveit, M. E. 2005. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) reduces ethylene and protein biosynthesis in excised discs of mature green tomato pericarp tissue. *Postharvest Biology and Technology* 35:183-190.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT. User’s guide. Versión 9.3. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Wargo, J. M., I. A. Merwin and Ch. B. Watkins. 2004. Nitrogen fertilization, midsummer trunk girdling and AVG treatments affect maturity and quality of “Jonagold” apples. *HortScience* 39(3):493-500.
- Weijun, Ch., J. Bining, S. Xuesu and Z. Qiyang. 2015. Dissipation and residue of 2,4-D in citrus under field condition. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(5):4536.
- Yuan, R. and D. H. Carbaugh. 2007. Effects of NAA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of “Golden Supreme” and Golden Delicious” apples. *HortScience* 42(1):101-105.





AGRICULTURA URBANA COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA INNOVADORA EN LA ENSEÑANZA A NIVEL BÁSICO (SECUNDARIA)

Humberto Virués Díaz⁴⁴, Marycruz Abato Zárate^{45*}, Teresa Aguas Rendón⁴⁶, Nancy Domínguez González⁴⁵, Isabel Alemán Chávez⁴⁵ y Miguel Escalona Aguilar⁴⁵

Resumen

El proyecto dio inicio desde 2003, gracias al financiamiento obtenido por ganar el primer y segundo lugar en años consecutivos en el Concurso “Amanda Rimoch”, cuyo propósito fue el fomento de programas integrales de ahorro de energía, recursos y manejo sustentable de residuos sólidos en las instituciones educativas (Secundarias Generales) en el Distrito Federal. Al inicio, se consideró la construcción de un invernadero para dedicarlo a la producción de hortalizas orgánicas (lechuga y jitomate), utilizando un espacio ocioso y los residuos sólidos generados en el plantel; sin embargo, aprovechando el contexto, la visión se amplió al reconocer que la agricultura urbana, además de ser una fuente de alimentos e ingresos, representa una alternativa educativa y ambiental, que favorece la comprensión de aprendizajes significativos en los estudiantes y coadyuva al fomento de valores y actitudes positivas. Este trabajo se realizó en la Escuela Secundaria Diurna No. 221 “Tlacaélel”, con la participación de estudiantes y profesores de las asignaturas: Ciencias I (Biología), Ciencias III (Química) y el Taller de Máquinas y Herramientas. En 2014, para evaluar esta estrategia didáctica innovadora se aplicó una encuesta a los estudiantes participantes para conocer el impacto en su proceso de formación. De acuerdo a los resultados de la encuesta aplicada a 102 estudiantes de primero de secundaria, se encontró que el 89% respondieron haberse sentido muy satisfechos de participar en las actividades del módulo de producción y el 92% reconocieron que las actividades dentro de este módulo productivo, facilitaron la comprensión de los conceptos teóricos de las asignaturas y la mejora de su desempeño académico al optimizar sus calificaciones bimestrales. Al término del proyecto, además de

⁴⁴ Escuela Secundaria Diurna 221. Distrito Federal.

⁴⁵ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. *mabato@uv.mx

⁴⁶ Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural.





abordar los procesos productivos, se logró vincularlo con los propósitos educativos de los contenidos de los programas de estudio a nivel secundaria y apoyar acciones que favorecieron la lectura, la escritura y la aplicación de la lógica matemática.

Palabras clave: huerto escolar, educación, aprendizaje significativo

Introducción

De acuerdo a Porto y Mosteiro (2014), innovar es todo cambio que genere valor, mientras que, en el campo de la educación, innovar es el mecanismo facilitador de la mejora de la calidad en la enseñanza. Por otro lado, diversos autores señalan a los huertos escolares como un medio potencial para la educación ambiental para la sostenibilidad y una nutrición eficaz (FAO, 2010; Quispe *et al.*, 2016), así mismo se considera como un escenario importante para desarrollar la responsabilidad ambiental y relaciones interpersonales (Mercon *et al.*, 2012) y también los huertos pueden convertirse en elementos de cambio e innovación en la cultura escolar (Barrón y Muñoz, 2015). El espacio de los huertos ha sido utilizado como estrategia didáctica que ayuda a fortalecer la conciencia ecológica además de cumplir con su objetivo que es la producción de alimentos. Por lo anterior, después de diez años de implementar esta estrategia, surgió la necesidad de conocer el impacto de la agricultura urbana como alternativa ambiental y de innovación en la Escuela Secundaria Diurna No. 221 “Tlacaélel”.

Materiales y métodos

La estrategia didáctica innovadora se implementó en la Escuela Secundaria Diurna No. 221 “Tlacaélel” en el Distrito Federal, con la participación de tres grupos de estudiantes de primer grado y como líder al profesor de la asignatura Ciencias I (Biología), así como la coordinación con otros maestros de la escuela de las asignaturas de Ciencias III (Química) y el Taller de Máquinas y Herramientas para el mantenimiento de la unidad productiva. Se consideraron





como aprendizajes esperados en los estudiantes, el conocimiento para la producción de alimentos y para el aprovechamiento de los recursos naturales, correspondientes al bloque II de la asignatura Ciencias I, titulado “La nutrición como base para la salud y la vida”. Para lo anterior, 102 estudiantes de dicha asignatura participaron en la producción de hortalizas. El primer paso fue establecer hortalizas de ciclos vegetativos corto y largo, con la siembra de lechuga y jitomate, respectivamente. En el invernadero se contó con sistema de riego, las actividades donde participaron los estudiantes fueron desde la preparación de sustratos, germinación de semilleros, trasplante, control de plagas y cosecha de los cultivos de lechuga y jitomate. En cada paso del proyecto participaron los alumnos y para la cosecha se involucraron a los padres de familia. Por otro lado, se entregaron plántulas a los estudiantes que decidieron establecer unidades productivas en su casa. Finalmente, se aplicó una encuesta con trece preguntas a los estudiantes participantes, para conocer el impacto de la estrategia educativa a su término y conocer su vinculación con los propósitos educativos de los contenidos del programa de estudio.

Resultados y discusión

Evaluación de la alternativa por parte de los estudiantes

De acuerdo a los resultados de la encuesta aplicada a 102 estudiantes de primero de secundaria, se encontró que el 89% expresaron haberse sentido muy satisfechos de participar en las actividades del módulo de producción, y el 11% satisfechos; esto muestra las bondades de estos espacios educativos para facilitar el desarrollo de actividades prácticas. Lo anterior, coincide con los resultados encontrados por Gómez (2011) en un taller de asesoría agrícola, impartido en la Escuela de Bachilleres “Lic. Ángel Carvajal” de Naolinco, Veracruz, obteniendo en su caso que el 78% de los estudiantes eligió el taller por considerarlo interesante y el 91% de los estudiantes que eligieron el taller, admitió que se facilitó la adquisición de los aprendizajes. En este caso, de igual manera la mayoría de los estudiantes (91%) reconocieron que las actividades dentro de este módulo productivo, facilitaron la comprensión de los conceptos teóricos de la asignatura de Ciencias I y lograron mejor desempeño académico al optimizar sus calificaciones bimestrales. Por su parte, 6% de





los estudiantes consideraron que las actividades no facilitaron los aprendizajes, mientras que el 3% de los entrevistados no lograron identificar si hubo algún impacto. Cabe señalar que el desarrollo de proyectos, obliga al estudiante aún sin proponérselo explícitamente, a observar y acomodar el propio proceso de aprender (Jonassen, 2000). El 96% de los estudiantes expresaron su gusto porque se continuarán abordando nuevos conocimientos utilizando esta estrategia de aprendizaje, mientras que una minoría (4%) contestaron que no les gustaría continuar con esta estrategia. Cabe destacar, que el 100% de los estudiantes perciben que este tipo de proyecto es valioso, ya que logra mejorar las condiciones ambientales de la escuela y su comunidad. Lo anterior, coincide con lo indicado por Vásquez (2010) y Barrón y Muñoz (2015) quienes mencionan que la agricultura urbana brinda beneficios ambientales, económicos, sociales y culturales. El reto de esta estrategia, es que el resto de los maestros de la secundaria propongan a sus estudiantes proyectos similares que apoyen al proceso de enseñanza aprendizaje o que se sumen a esta actividad. Es importante señalar que la motivación y gestión por parte del primer autor fueron clave para el éxito de esta estrategia didáctica. Fernández *et al.* (2006) comentan que en el rendimiento escolar intervienen factores de tipo interno y externo. Algunos de los factores internos individuales son el coeficiente intelectual, los conocimientos previos, la motivación e intereses y el estado anímico. En los factores externos (sociales), pueden catalogarse dos tipos de factores familiares y escolares. Dentro de los primeros se encuentra el apoyo de los padres, ingresos familiares, nutrición y vivienda; en los segundos, los maestros, los materiales educativos, el sistema de evaluación y la infraestructura. Lo anterior explica el éxito de esta estrategia educativa innovadora donde la infraestructura es un factor que ayuda a la mejora del rendimiento escolar, aunado al maestro como facilitador del proceso. Tanto estudiantes como padres de familia, mostraron interés por replicar el proyecto en su casa, logrando concretar lo sugerido por Rodríguez *et al.* (2000), FAO (2010) y OPS/OMS *et al.* (2014) en cuanto a que las escuelas son espacios adecuados para impulsar a través de los alumnos, la producción familiar de alimentos. Durante esta experiencia educativa, los estudiantes además de adquirir conocimientos sobre el proceso de producción de hortalizas orgánicas en el modelo de producción escolar, abordaron aspectos ecológicos al reciclar los residuos generados en el plantel, los del mercado que se encuentra frente a la escuela y la de sus hogares, lo que permitió que valoraran la importancia de la producción de hortalizas libre de agroquímicos. Al





participar activamente, los estudiantes conocieron y practicaron diferentes ecotécnicas, tanto en la escuela como en sus hogares. La necesidad de trabajar en equipo para realizar las actividades en el modelo de producción escolar, favoreció entre los estudiantes formas de convivencia sanas, que redujeron conductas negativas. La mayoría de los estudiantes mostraron disposición e interés por aprender, reflejado en un mejor rendimiento escolar. A través de esta experiencia de aprendizaje, se fortalecieron en los estudiantes las competencias para la vida y para el trabajo que forman parte del perfil de egreso definidas por la SEP. En el ámbito socioemocional, se fortalecieron las relaciones de convivencia entre padres e hijos. Los resultados obtenidos comparten cierta similitud con los resultados recabados por Quispe (2016), en el ámbito de la educación ambiental, señalando que esta es una herramienta para adquirir conocimientos, interiorizar actitudes, crear habilidades, modificar comportamientos, cambiar conductas individuales y colectivas, despertar una conciencia crítica y desarrollar la práctica de toma de decisiones.

Conclusiones

1. El modelo de producción escolar de alimentos mostró ser una estrategia didáctica innovadora al mejorar en la mayoría de los estudiantes la disposición e interés por el aprendizaje, favorecer la adquisición de conocimiento integral de las distintas áreas disciplinares, así como el trabajo colaborativo y de sana convivencia, desarrollar las competencias para la vida y para el trabajo tales como: el aprendizaje permanente, manejo de la información, manejo de situaciones y convivencia. 2. En el ámbito socioemocional, se fortalecieron las relaciones de convivencia entre padres e hijos. 3. Esta estrategia didáctica ayuda a los estudiantes a contar con conocimientos sobre la producción de alimentos y tener experiencia en el desarrollo de proyectos, incluso a conocer y desarrollar sus habilidades.





Agradecimientos

Al Profesor José Orlando Martínez Pérez, Director de la Escuela Secundaria Diurna No. 221 “Tlacaélel” en el Distrito Federal, quien tuvo a bien apoyar esta iniciativa. A los maestros que apoyaron y se sumaron a esta iniciativa Mtro. Ernesto García Cervantes, responsable del Taller de Máquinas y Herramientas y al Mtro. Ricardo Moreno Aguilar titular de la asignatura de Ciencias III con énfasis en Química. A la Fundación “Amanda Rimoch” por el premio otorgado.

Literatura citada

- Barrón, R. A. y J. M. Muñoz R. 2015. Los huertos escolares comunitarios: fraguando espacios socioeducativos en y para la sostenibilidad. *Foro de Educación* 13(19):213-239 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=447544537011>> ISSN 1698-7799 [consultado el 28 de julio de 2018].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2010. Nueva política de huertos escolares. Roma, Italia. 24 p. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/redicean/docs/Nueva_política_de_huertos_escolares_-_FAO.pdf [consultado el 22 de julio de 2018].
- Fernández, P. J. A., A. Peña, Ch. y R. Vera F. 2006. Los estudios de trayectoria escolar, su aplicación en la educación media superior. *Graffylia* 3(6):24-29. <http://www.filosofia.buap.mx/Graffylia/6/index.html> [consultado el 10 de julio de 2018].
- Gómez, M. R. 2011. Caracterización de la educación agrícola y los estudiantes de nivel bachillerato: caso escuela de bachilleres “Lic. Ángel Carvajal” de Naolinco, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Xalapa, Ver., México. 112 p.





- Jonassen, D. 2000. El diseño de entornos constructivistas de aprendizaje. p. 225-249. *In*: Reigeluth, Ch. (ed.). Diseño de la instrucción teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción Parte I. Mc Graw Hill Aula XXI Santillana. Madrid, España.
- Mercon, 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 urbano como espacio educativo. *Rev. Mex. Inv. Educ.* 17(55):1201-1224. <http://www.redalyc.org/pdf/4475/447544537011.pdf> [consultado el 28 de julio de 2018].
- OPS/OMS (Organización Panamericana para la Salud/Organización Mundial de la Salud), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación), CEPAL (Comisión Económica para América Latina) e IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2014. Una mirada integral a las políticas públicas de agricultura familiar, seguridad alimentaria, nutrición y salud pública en las Américas: acercando agendas de trabajo en las Naciones Unidas. 14 p. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/eventos/231982/doc_20140509_es.pdf. [consultado el 28 de julio de 2018].
- Porto, A. M. y J. Mosteiro M. 2014. Innovación y calidad en la formación del profesorado universitario. *Rev. Electr. Interuniv. Form. Prof.* 17(3):141-156.
- Quispe, L. A. 2016. Uso de ecotécnicas en huertos escolares con fines de educación ambiental. p. 39-55. *In*: De la Isla, B. M. L. (comp.). Producción de alimentos en casa: agricultura urbana y periurbana. Ed. Comité de Acción para el Saneamiento del Ambiente (CASA). México, D. F.
- Quispe, L. A., E. Tello G. y L. M. Pérez H. 2016. Del diagnóstico a la propuesta: el huerto escolar agroecológico, un medio eficaz para la educación ambiental hacia la sustentabilidad. *Cong. Intl. Educ. Eval.* 2(2):3415-3425.
- Rodríguez, L. M., P. A. Torres-Lima y B. García. 2000. Agricultura urbana en la Ciudad de México. p. 171-225. *In*: Procesos metropolitanos de agricultura urbana. UAM-Xochimilco. FAO. México, D. F.
- Vásquez, M. L. 2010. La agricultura urbana como elemento promotor de la sustentabilidad urbana. Situación actual y potencial en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Tesis de maestría en Administración Integral del Ambiente. Tijuana, B.C., México. 164 p.





EVALUACIÓN DE HERBICIDAS POST-EMERGENTES EN CHÍA

Miguel Hernández Martínez^{47*} y Tomás Medina Cazares⁴⁷

Resumen

Con el objetivo de evaluar la efectividad biológica y fitotoxicidad de distintos herbicidas sobre el cultivo de chía, en el ciclo P-V de 2015, se condujo un experimento en el Campo Experimental Bajío-INIFAP en Celaya, Gto., México. Se evaluaron 19 tratamientos herbicidas en dos variedades de chía (Pinta y Blanca), aplicados en post-emergencia, en diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones. Se realizó un conteo de malezas antes de la aplicación y una evaluación visual a los 30 días después de la aplicación. Las variables medidas fueron: porcentaje de fitotoxicidad, control de malezas de hoja ancha y hoja angosta y rendimiento de 10 plantas de chía. Los tratamientos con menor porcentaje de fitotoxicidad, tanto para chía Pinta como Blanca fueron: bentazona + fluazifop-butil a las dosis de 2.0 + 3.0 y 4.0 + 3.0 L/ha con 4 y 6% de fitotoxicidad, carfentrazone + fluazifop butil a las dosis 90 mL + 3.0 L y 180 mL + 3.0 L/ha con 5 y 6% de fitotoxicidad y oxyfluorfen a las dosis de 1.0 y 2.0 L/ha con 15 y 26%. En relación al control de malezas de hoja ancha, los tratamientos que obtuvieron controles mayores a 85% fueron: dicamba + 2,4-D amina + fluazifop-butil a las dosis de 1.0 + 3.0 y 2.0 + 3.0 L/ha, imazetapyr a las dosis de 1.0 y 2.0 L/ha, mesosulfuron + iodosulfuron a las dosis de 1.0 y 2.0 L/ha y dicamba + atrazina + fluazifop-butil a las dosis de 1.5 + 3.0 y 3.0 + 3.0 L/ha. En relación a las malezas de hoja angosta, los tratamientos con control superior a 90% fueron: todos los que incluyeron fluazifop-butil.

Palabras clave: control químico, maleza de hoja ancha y angosta

⁴⁷ Campo Experimental Bajío. INIFAP. *hernandez.miguel@inifap.gob.mx





Introducción

La chía (*Salvia hispanica* L.), perteneciente a la familia de las Lamiaceae, destaca porque produce a nivel de semilla el mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados del tipo Omega 3 (alfa-linolénico) y 6 (alfa-linolénico), no sintetizados por el hombre y de comprobado valor nutricional y funcional para la salud humana (Ayerza *et al.*, 2002), sin dejar de lado su elevado contenido de fibra dietética, proteínas y antioxidantes. En Guanajuato en 2014 se reportaron 150 ha sembradas con este cultivo. Pese a su importancia, existen escasos antecedentes respecto al manejo agronómico del cultivo, dado que las principales investigaciones se han orientado al valor nutricional y funcional que poseen sus semillas, y a la descripción botánica y morfológica de la especie. Se señala que uno de los principales problemas que presentan las plantas de chía, ha sido representado por la baja capacidad competitiva que tiene el cultivo con las malezas durante los primeros estados de desarrollo, debido a su lento crecimiento inicial, lo que se traduce en una baja capacidad de cubrimiento del suelo (González *et al.*, 1996). En ensayos se ha determinado, que cuando las malezas compiten con el cultivo durante periodos prolongados, el rendimiento se reduce hasta en 90%, lo que demuestra lo necesario de realizar un control de malezas durante el periodo crítico de interferencia (Hernández, 1989), definiéndose éste, como el momento en que el cultivo debe estar limpio de malezas si se quieren lograr los máximos rendimientos (Doll, 1996). En la mayoría de los cultivos, en las primeras fases del crecimiento, y específicamente en chía, su periodo crítico de interferencia corresponde a los primeros 45 días post-emergencia (Ayerza y Coates, 2006). El control químico de malezas en el cultivo chía tiene dificultades específicas descritas por Coates y Ayerza (1998), ya que la especie es muy sensible a los herbicidas de uso común empleados para el control de malezas de hoja ancha y angosta, pues éstos dañan fuertemente a la planta, lo que ha obligado a los productores a utilizar el control mecánico de malezas, realizando varias limpiezas durante la temporada de crecimiento. Este hecho, además ha obligado a utilizar densidades de plantas, mayores a las óptimas para el cultivo, sobre todo mediante la reducción de la distancia entre hileras).

Pozo (2010) evaluó algunas alternativas para el control químico de malezas anuales en el cultivo de chía para la provincia de Imbabura, Ecuador, para lo cual utilizó el herbicida





Sencor (metribuzin) en pre-emergencia y Verdict (haloxyfop-R metil éster) en post-emergencia, resultando ambos buenos, para el control de las malezas pero tóxicos para el cultivo, al provocar muerte de plantas post aplicaciones. Sin embargo, en México no hay herbicidas registrados para utilizarse en el cultivo de la chíá.

La presencia de malezas en el cultivo reduce la calidad y pureza de grano comercializable. Coates y Ayerza (1998) atribuyen el porcentaje de impurezas dentro de una muestra de chíá (4.5-39%) a la dificultad para la limpieza, debido a lo pequeño de su semilla, a las condiciones de cosecha y a las malezas presentes en los cultivos. En Rosario, Argentina, se han encontrado lotes de variada pureza dentro de los que destacan lotes en los que hay sobre un 5% de impurezas, otros de 80% de impurezas, atribuible a la presencia de semillas de otras especies o por una sustitución total del material por otro (Bueno *et al.*, 2010).

De acuerdo a lo indicado anteriormente, y con la finalidad de controlar eficientemente las malezas presentes en el cultivo de chíá, se planteó realizar un estudio tendiente a evaluar herbicidas que logren contrarrestar la competencia provocada por las malezas durante el periodo crítico de interferencia, sin que estos productos dañen al cultivo, y que finalmente se pueda lograr un material de calidad. Con base a lo anterior se planteó: evaluar la tolerancia de la chíá frente a los distintos herbicidas y determinar la efectividad de éstos sobre las especies de malezas predominantes en dicho cultivo.

Materiales y métodos

Durante el ciclo P-V 2015 se realizaron aplicaciones de 19 tratamientos herbicidas (Cuadro 1) en dos variedades criollas de chíá (Blanca y Pinta). Se utilizó el diseño experimental bloques al azar, con cuatro repeticiones; el tamaño de la parcela aplicada fue de cuatro surco a 0.76 cm de separación por 10.0 m de largo (30.4 m²).





Cuadro 1. Tratamientos herbicidas aplicados para el control de malezas en el cultivo de chíá Pinta y Blanca en Guanajuato. Ciclo P-V de 2015.

No.	Herbicida (ingrediente activo)	Dosis/ha de producto comercial
1	Fluroxipyr + fluazifop-butil	0.5 + 3.0 L
2	Fluroxipyr + fluazifop-butil	1.0 + 3.0 L
3	Dicamba + 2,4-Da + fluazifop-butil	1.0 + 3.0 L
4	Dicamba + 2,4-Da + fluazifop-butil	2.0 + 3.0 L
5	Imazetapyr	1.0 L
6	Imazetapyr	2.0 L
7	Bentazona + fluazifop-butil	2.0 + 3.0 L
8	Bentazona + fluazifop-butil	4.0+ 3.0 L
9	Mesosulfuron + iodosulfuron metil	1.0 L
10	Mesosulfuron + iodosulfuron metil	2.0 L
11	Tembotrione	0.3 L
12	Tembotrione	0.6 L
13	Oxyfluorfen	1.0 L
14	Oxyfluorfen	2.0 L
15	Carfentrazone + fluazifop-butil	90 mL + 3.0 L
16	Carfentrazone + fluazifop-butil	180 mL+ 3.0 L
17	Dicamba + atrazina + fluazifop-butil	1.5 L + 3.0 L
18	Dicamba + atrazina + fluazifop-butil	3.0 L+ 3.0 L
19	Testigo limpio	

Los tratamientos herbicidas se aplicaron en post-emergencia, el 24 de julio de 2015, con una aspersora de motor Robin RSO3, con aguilón de seis boquillas 8003, separadas a 50 cm una de otra, con una presión de 40 PSI y un gasto de agua de 300 L/ha.

Se realizó un conteo de malezas en todo el lote experimental antes de la aplicación de los tratamientos y una evaluación visual a los 30 días después de la aplicación.

Las variables medidas fueron: porcentaje de fitotoxicidad, control de malezas de hoja ancha y hoja angosta y rendimiento de chíá de 10 plantas.

Resultados y discusión

En la variedad Pinta los tratamientos herbicidas con menor porcentaje de fitotoxicidad fueron: bentazona + fluazifop-butil a las dos dosis evaluadas con 3 y 4%, carfentrazone + fluazifop





butil a las dos dosis evaluadas con 4 y 5% y oxyfluorfen a las dos dosis evaluadas con 13 y 29%; con los demás tratamientos se tuvieron daños superiores a 35%, por lo que es conveniente realizar otra evaluación con diferentes fechas de aplicación, para conocer su comportamiento. En relación al control de malezas de hoja ancha, los tratamientos que presentaron controles mayores a 85% fueron: dicamba + 2,4-D amina + fluazifop-butil, imazetapyr, mesosulfuron + iodosulfuron y dicamba + atrazina + fluazifop-butil en sus dos dosis evaluadas. Un control por arriba de 85% es el mínimo requerido por la EWRS para catalogarse como aceptable, y en relación a las malezas de hoja angosta, los tratamientos con control superior a 90% fueron: todos los que tienen fluazifop-butil. A su vez, el tratamiento que rindió más, fue el testigo limpio con 220 g por 10 plantas, seguido de imazetapyr a dosis de 1.0 L/ha con 149 g, mesosulfuron + iodosulfuron a dosis de 1.0 L/ha con 107 g y dicamba + atrazina + fluazifop-butil a las dos dosis evaluadas con 99 y 95 g por 10 plantas.

En la variedad Blanca, los tratamientos con menor porcentaje de fitotoxicidad fueron: bentazona + fluazifop-butil a las dos dosis evaluadas con 4 y 6%, carfentrazone + fluazifop butil a las dos dosis evaluadas con 5 y 6% y oxyfluorfen a las dos dosis evaluadas con 15 y 26%; con los demás tratamientos se tuvieron daños superiores a 35%, por lo que es conveniente realizar otra evaluación, con diferentes fechas de aplicación, para conocer su comportamiento. En relación al control de hoja ancha, los tratamientos tuvieron controles mayores a 85% fueron: dicamba + 2,4-D amina + fluazifop-butil, imazetapyr, mesosulfuron + iodosulfuron y dicamba + atrazina + fluazifop-butil y en relación a las maleza de hoja angosta, los tratamientos con control superior a 90% fueron todos las que tienen fluazifop-butil. El tratamiento que rindió más fue el testigo limpio con 196 g por 10 plantas y dicamba + 2,4-damina + fluazifop-butil a dosis de 1.0 + 3.0 L/ha con 95 g por 10 plantas.

Conclusiones

1. Se identificaron algunos tratamientos herbicidas con porcentajes bajos de fitotoxicidad al cultivo y con buenos a excelentes controles de malezas de hoja ancha y angosta, los cuales son promisorios para ser utilizados en un programa de manejo integrado de malezas en el





cultivo de chía para el estado de Guanajuato. 2. Se requiere realizar más investigación, para definir con mayor precisión dosis y épocas de aplicación, para generar recomendaciones técnicas más adecuadas. Así mismo, falta probar herbicidas pre-emergentes, que puedan incluirse en un manejo integrado de malezas en el cultivo de chía para el estado de Guanajuato.

Literatura citada

- Ayerza, R y W. Coates. 2006. Chía: redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas. 1a ed. Del Nuevo Extremo. México, D. F. 232 p. http://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=CwL16F7ef7YC&oi=fnd&pg=PR17&dq=chia+redescubriendo&ots=iheMCjl02C&sig=sXsqLv_demFELM3Fq0BJzbl7k4w [consultado el 20 de abril de 2017].
- Ayerza, R., W. Coates and M. Lauria. 2002. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an omega-3 fatty acid source for broilers: Influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. *Poultry Science* 81:826-837.
- Bueno, M., O. Di Sapio, M. Barolo, H. Busilacchi, M. Quiroga y C. Severin. 2010. Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 9(3):221-227.
- Coates, W. and R. Ayerza. 1998. Comercial production of chia in Northwestern Argentina. *Journal of the American Oil Chemists Society* 75(10):1417-1420.
- Doll, J. 1996. Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. *In: Manejo de malezas para países en desarrollo. (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal-120).* Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s07.htm#capítulo3>. [consultado el 15 de junio de 2012].





- González, C., M. Fernández, O. Roldan, L. Montalbán, V. Luque, G. Contreras y S. Gorosito. 1996. Incidencia de la época, distanciamiento y densidad de siembra en la producción de semilla de *Salvia hispanica* L. en Catamarca. p. 358-362. *In: Princen, L. H. and C. Rossi (eds.). Proceedings of the 9th International Conference on Jojoba and Its Uses: Third International Conference on New Industrial Crop Products. Association for the Advancement of Industrial Crops. Phoenix, AZ, USA.*
- Hernández, J. 1989. Efecto de la fecha de siembra, densidad de población y competencia, en el rendimiento de chía (*Salvia hispanica* L.). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. México 99 p.
- Pozo, S. 2010. Alternativas para el control químico de malezas anuales en el cultivo de la chía (*Salvia hispanica*) en la granja ECAA, provincia de Imbabura. Memoria de Título de Ingeniero Agropecuario. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Ibarra, Ecuador. 113 p.





PLANTA PARÁSITA *Lennoa madreporoides* Lex. EN PARCELAS DE GIRASOL EN GUANAJUATO

Miguel Hernández Martínez^{48*} y Tomás Medina Cazares⁴⁸

Resumen

En el estado de Guanajuato en los últimos tres años se ha impulsado el cultivo de girasol alto oleico principalmente bajo condiciones de temporal y bajo riego. Durante el ciclo primavera-verano se reportó en cuatro lotes comerciales de girasol alto oleico en etapa de llenado de grano totalmente seca la planta, distribuidos en manchones de hasta casi 0.25 ha, por lo que se muestreó el lote más afectado dentro del municipio de Pueblo Nuevo, para detectar la causa, y se encontró que el secamiento lo provocó una planta parásita de la raíz del girasol; así también se determinó la incidencia, y a la cosecha su efecto en el rendimiento de grano. Los resultados de identificación de la planta parásita corresponde a la familia *Lennoaceae* conocida como “flor de tierra”, con una incidencia promedio de 75% y un efecto de severidad en la disminución del rendimiento de 90%.

Palabras clave: parásita de raíz, angiolote, flor de San Andrés, tlachiolote

Introducción

En el mes de octubre 2016, durante el ciclo primavera-verano, se tuvo el reporte por parte de los técnicos de MasAgro, que asesoran en aquella zona, que en cuatro lotes (cada uno de 4 ha) existían manchones grandes con plantas de girasol en etapa de llenado, casi totalmente marchitadas, en parcelas de la zona del municipio de Pueblo Nuevo y en el municipio de Huanímaro, en el estado de Guanajuato. Por este motivo se programó un recorrido técnico para indagar que provocaba el secamiento de la planta, evaluar la incidencia y severidad. Se

⁴⁸Campo Experimental Bajío. INIFAP. *hernandez.miguel@inifap.gob.mx





visitaron los lotes y en el más afectado, en una superficie de 4 ha, se constató que, en casi un cuarto de hectárea, la planta se estaba secando, e impidiendo el llenado de grano; se muestreó, sacando plantas completas con raíz, una por una, en 10 diferentes puntos. Se observó que, en la base del cuello de tallo, a ras de suelo se notaban unas florecillas de color violáceo, y al descubrirlas, se detectó la planta parásita unida a la raíz principal del girasol, que era la que provocaba el secamiento; se verificó en plantas sanas y no se encontró la planta parásita. En seguida se procedió a muestrear al azar, cinco puntos, marcándolos cada uno de 10 m de longitud a lo largo del surco (ancho de surco a 76 cm), contando número de plantas en dicha longitud y cuantas de ellas tenían la planta parásita, para determinar el porcentaje de incidencia. Se obtuvo muestra de la planta parásita y se fotografió para su identificación. Posteriormente, en la etapa de cosecha se muestrearon los capítulos de los puntos con incidencia, ajustándose a 50 capítulos enfermos y se delimitaron cinco puntos de igual longitud (10 m) de plantas sanas, para cosechar 50 capítulos sanos y estimar el rendimiento por hectárea, para poder determinar el grado de severidad en porcentaje de la disminución del rendimiento de grano.

Materiales y métodos

Manejo agronómico de lotes de girasol alto oleico

En los cuatro lotes reportados se sembraron las variedades Syngenta 3950 y Pioneer HE-60 bajo condiciones de temporal; la semilla se depositó en el fondo del surco en “tierra venida”, una vez que la precipitación pluvial humedeció el terreno a una profundidad de 10 cm. En todos los lotes reportados, los productores comentaron que en los años anteriores se ha sembrado maíz y sorgo de forma anual y que nunca se había presentado el secamiento en el girasol, ni habían detectado u observado la planta parásita que les mostramos como la causante del daño en sus parcelas.

En el Cuadro 1 se muestran los insumos aplicados en las cuatro parcelas reportadas, las cuales se apegan a lo recomendado en el paquete tecnológico que recomienda el INIFAP para las condiciones de temporal, por lo que, de la emergencia a la floración, el cultivo se desarrolló en forma normal, con buena nutrición.





Cuadro 1. Manejo agronómico del girasol alto oleico, bajo condiciones de temporal, en Pueblo Nuevo, Guanajuato. Ciclo PV-2016.

Aplicación de insumos	Dosis
Fertilización	120-40-00 mitad de nitrógeno y todo el fósforo a la siembra y el resto a los 38 días después de la siembra.
Herbicida	Premerling 2.0 L/ha en preemergencia.
Precipitación promedio	478 mm, sin ocurrencia de escasas de lluvia por la “canícula”.

La identificación de la planta al investigar reportes y mediante consulta al CESAVEG, Universidad de Chapingo con material vivo y fotográfico, se logró su identificación como *Lennoa madreporoides* Lex., conocida como “flor de tierra”, la cual coincide con el reporte realizado por Calderón (1996), quien la describe como planta herbácea, carnosa, carente de clorofila, parásita de raíces, tallo subterráneo, simple o ramificado, provisto de escamas caulinares en lugar de hojas, inflorescencias en forma de cimas densas, sépalo, lineares, prácticamente libres; corola persistente alargada o corta, infundibuliforme, con el limbo plegado, lóbulos con frecuencia marginados; estambres inclusos, del mismo número que los lóbulos de la corola, dispuestos en dos series; ovario normalmente de ocho carpelos y 16 lóculos; frutos con 20 y 28 pirenos. Está preferentemente viviendo sobre raíces de representantes de la familia Compositae (Asteraceae), que prosperan como maleza en los campos de cultivo, distinguiéndose dos formas, que difieren entre sí, en el largo de la corola. Una es de flores más largas (que es la que se reporta), que es la forma *madreporoides* y la de flores más pequeñas que es la forma *caerulea*. Existe evidencia de que dicha planta parasita se consume guisada a semejanza de la coliflor. Su presencia es muy esporádica, por lo que, se le considera como vulnerable a la extinción.

Variables medidas

Las variables medidas fueron: 1) Incidencia, la cual determinó dividiendo el número de plantas enfermas entre número de plantas totales en 10 m de longitud y 2) Severidad, que se obtuvo al dividir el rendimiento en el surco muestreado enfermo entre el rendimiento del surco sano delimitado en 10 m.





Resultados y discusión

Respecto a la incidencia, en el Cuadro 2 se muestran los resultados de los puntos muestreados en el lote de mayor incidencia en el municipio de Pueblo Nuevo, con un porcentaje promedio de incidencia o de parasitismo del 74.8%, lo cual es muy elevado, secando casi por completo la planta; sin embargo, queda la duda, en qué etapa de desarrollo del girasol ocurrió la infección, ya que los técnicos durante el desarrollo vegetativo no detectaron síntomas, hasta la etapa de llenado de grano.

En los tres lotes restantes hubo incidencias menores con valores de 12, 18 y 22%, lo que se constató con un productor, que sus abuelos decían que era comestible y que no es tóxica; no obstante, manifestó que él nunca la había probado.

Cuadro 2. Incidencia de la planta parásita en el lote con mayor afectación del híbrido Syngenta en el Municipio de Pueblo Nuevo, Guanajuato.

PM	NPM	NPP	PI (%)	RPP (kg/ha)	RPS (kg/ha)
1	50	38	76	210	2150
2	50	40	80	194	2050
3	50	35	70	229	1984
4	50	42	84	168	1958
5	50	32	64	234	2210
Media	50	37.4	74.8	207 b	2070.4 a **

PM= Punto de muestreo. NPM = Número de plantas muestreadas. NPP = Número de plantas parasitadas. PI = Porcentaje de incidencia. RPP = Rendimiento en plantas parasitadas. RPS = Rendimiento en plantas sanas.

** = altamente significativo. * = Letras similares son estadísticamente iguales los tratamientos, en caso contrario son diferentes (t Student 5%).

En el Cuadro 2 también se muestra el número de plantas muestreadas en 10 m longitud, de cada punto de muestreo, así como el número de plantas parasitadas para obtener los resultados del porcentaje promedio de incidencia o porcentaje promedio de plantas parasitadas en el lote con mayor afectación ubicado en Pueblo Nuevo, Guanajuato con un 74.8% de incidencia, lo cual es muy alta, lo que significa prácticamente la pérdida de cada planta por secamiento ocurrido de la floración al llenado de grano, ya que dichas plantas tenían la misma altura de planta que las sanas. En cuanto a la severidad en el mismo cuadro se muestra el rendimiento de grano por hectárea en las plantas parasitadas, ajustando a 50





plantas parasitadas en los puntos muestreados y el rendimiento de grano por hectárea de 50 plantas sanas en los puntos delimitados, el grado de severidad fue del 90% en la reducción del rendimiento.

Conclusiones

1. La identificación de la planta parásita correspondió a *Lennea madrepoides* Lex., conocida como “flor de tierra”. 2. La incidencia promedio fue de 75% con una disminución en el rendimiento del grano de la variedad alto oleico Syngenta 3950 de 90%.

Literatura consultada

- Anaschenko, A. V. 1980. Recurrent selection involving inbreeding in sunflower. *Plant Breeding Abstract* 50(3):206-220.
- Bye, R., E. Linares y D. L. Lentz. 2009. México: centro de origen de la domesticación del girasol. *Rev. Esp. Cienc. Quím. Biol.* 12(1):5-12.
- Calderón, de R. G. 1996. *Lennoaceae*. p. 1-6. *In: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Fascículo 50.
- Céspedes, E., A. Ortegón y E. López. 1984. Selección recurrente en líneas S1 para rendimiento y contenido de aceite en girasol. *Agricultura Técnica en México* 10:121-124.
- CONASIPRO (Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas). 2012. Oleaginosas en cadena. Girasol, situación actual mundial y nacional. Boletín bimestral No. 6.
- Escobedo, A. y A. Ortegón. 1988. Respuesta de cuatro variedades de girasol a la selección recurrente. p. 472-477. *In: 12th International Sunflower Conference*. Novi Sad, Yugoslavia.





- Fick, G. N. 1975. Heredability of oil content in sunflower. *Crop Science* 15:77-79.
- Fick, G. N. 1978. Breeding and genetics. p. 279-329. *In*: Carter, J. F. (ed.). *Sunflower science and technology*. Chapter 9. Madison, Wisconsin, USA.
- Heiser, C. B. and D. M. Smith. 1955. New chromosome numbers in *Helianthus* and related genera. *Proc. Ind. Acad. Sci.* 64:250-253.
- Heiser, C. B. and D. M. Smith. 1969. *The North American sunflowers (Helianthus)*. Durham, N. C. 218 p.
- Harter, A. V. 2004. Origin of extant domesticated sunflowers in eastern North America. *Nature* 430:201-205.
- Lentz, D. L., M. E. D. Pohl, K. O. Pope and A. R. Wyatt. 2001. Preshistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in México. *Economic Botany* 55:370-376.
- Lentz, D. L., M. E. D. Pohl, J. L. Alvarado, S. Tarighat and R. Bye. 2008. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) as a pre-Columbian domesticate in México. *Proceeding of the National Academy of Science* 105(17):6232-6237.
- López, B. L. 2003. *Cultivos industriales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 1072 p.
- Robles, S. R. 1980. *Producción de oleaginosas y textiles*. 3a. ed. Limusa. México, D. F. 608 p.
- Schneiler, A. A. 1997. *Sunflower technology and production*. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. 204 p.
- Seiler, G. J. 1988. The genus *Helianthus* as a source of variability for cultivated sunflower. p. 17-58. *In*: 12th International Sunflower Conference. Novi Sad, Yugoslavia.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2008. Avance de siembras y cosechas, año agrícola 2007 en México. <http://sagarpa.gob.mx> [consultado el 12 de diciembre de 2008].
- Vranceanu A. V. 1977. *El Girasol*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 379 p.
- Villaseñor, R. J. L. y F. J. Espinosa G. 1998. *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 449 p.





IDENTIFICACIÓN DE *Colletotrichum* spp. EN FRUTOS DE PAPAYA DEL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera⁴⁹, Rebeca Rodríguez Falconi⁵⁰ y Jorge Gustavo Rodríguez Escobar^{50*}

Resumen

En México *Colletotrichum* spp. es uno de los principales problemas del fruto de papayo; en Yucatán el hallazgo de una nueva especie del hongo con respuesta diferencial a fungicidas, y la investigación con dos aislamientos de este hongo, de mangos veracruzanos, los cuales se comportaron en forma opuesta hacia fungicidas benzimidazoles, uno resistente (Ver-1) y otro susceptible (Ver-2), sugirieron que en Veracruz podría estar sucediendo igual evento. Aunado a que la mayor tecnificación del cultivo de papayo crea un ambiente propicio para la presencia de nuevas especies del hongo o el resurgimiento de éstas, lo que plantea nuevos problemas fitosanitarios, como el escaso efecto de fungicidas sobre *Colletotrichum* spp. de la fruta. Con base a lo anterior, se planteó la presente investigación con la finalidad de identificar la especie de antracnosis que daña frutos, por su caracterización morfológica y por la técnica molecular de reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Se partió de frutos en etapa fisiológica de madurez; primero se procesaron para obtener las típicas lesiones húmedas hundidas sobre el fruto, se aislaron los síntomas atípicos, se reprodujeron en PDA y se re-aislaron para realizar las pruebas de patogenicidad y obtener los aislamientos más agresivos. Posteriormente se procedió a realizar la identificación por amplificación en PCR con iniciadores CcapF/CcapR y ACT-512F/ACT-783R, y programas de ciclados específicos. Se obtuvieron lecturas de 394 pb y 249 pb, que corresponden a dos nuevas especies de *Colletotrichum* en Veracruz: *C. capsici* y *C. truncatum*.

Palabras clave: *Colletotrichum capsici*, *C. truncatum*, aislamientos, reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

⁴⁹ Campo Experimental Ixtacuaco. INIFAP. *rodriguez.gustavo@inifap.gob.mx

⁵⁰ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP.





Introducción

En México, desde 1967, el estado de Veracruz es el principal productor y abastecedor de fruta de papaya; actualmente destaca como el tercer estado en superficie sembrada y en volumen de producción contribuye con 3,208 ha (17.08%), que se producen principalmente en los municipios de: Cotaxtla, Tierra Blanca y Tlaxiucoyan. En México, *Colletotrichum* spp., destaca como uno de los principales problemas del papayo, su daño se aprecia en la post-cosecha (Vázquez *et al.*, 2010); además *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* son las principales especies reportadas sobre papaya en México (Rojo *et al.*, 2017). Desde el año 2000 se registra la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. (De los Santos *et al.*, 2000) en frutos de papaya en Veracruz.

Diferentes especies de *Colletotrichum* difieren en su sensibilidad a ciertos fungicidas como el benomil, lo cual es crítico para el control químico, debido a que puede resultar en un cambio en la población del hongo, cita el caso de limón, donde *C. acutatum* causa la caída de la flor y *C. gloeosporioides*, que es un patógeno predominante en el cultivo, que sólo actúa como saprófito (Freeman *et al.*, 1998). Gutiérrez *et al.* (2003) evaluaron aislamientos de *C. gloeosporioides* obtenidos de frutos de mango cv Haden de cinco estados productores de México; sus resultados para Veracruz muestran que el aislamiento Ver-1 presentó una concentración letal media mayor a 20 ppm de benomil y tiabendazol (benzimidazoles), lo cual lo muestra como resistente, pero el aislamiento Ver-2 no rebasó el umbral de 20 ppm, lo cual lo presenta como susceptible a ambos fungicidas; además sugieren que existan individuos resistentes en las poblaciones originales.

En frutos de plantaciones de papaya del estado de Yucatán se registró a dos especies diferentes de patógenos causando antracnosis: *C. gloeosporioides* y *C. dematium*, actualmente reclasificado como *C. capsici*. En Yucatán, mientras que a *C. gloeosporioides* lo afectan los fungicidas azoxystrobin y trifloxystrobin, a *C. capsici* no le causan problemas, pero es sensible a prochloraz, ferbam y clorotalonil; este hallazgo demostró que las especies muestran diferente susceptibilidad a fungicidas (Santamaría *et al.*, 2011).

Freeman *et al.* (1998), Rojo *et al.* (2017) y Torres *et al.* (2017) mencionan que los métodos tradicionales basados en diferencias morfológicas como color, tamaño y diferencias morfológicas de la colonia, color, tamaño y forma de la conidia, presencia o ausencia de





setas, se consideran insuficientes e imprecisos; sugieren el uso combinado de caracterización molecular con el diagnóstico tradicional como una técnica para el estudio de complejos de especies. Torres *et al.* (2011) sugieren el uso de iniciadores específicos para identificar *C. capsici*; un iniciador específico CcapF/CcapR con una banda de DNA con 390 pb. Torres *et al.* (2013) identificaron seis morfo-tipos diferentes de *C. gloeosporioides* obtenidos de papaya. Para identificar *C. truncatum* se sugieren los primers ACT-512F/ ACT-783R y CHS-79 F/ CHS-345R (Carbone y Kohn, 1999).

En Veracruz, al igual que en otros estados productores de papaya, la tecnificación del cultivo, los microclimas húmedos que se forman, la movilidad de los productores, y tal vez los huracanes han propiciado la presencia de especies resistentes o tolerantes a patógenos como *Colletotrichum* spp., que participan en la reducción de la producción e ingresos de los productores, por lo cual actualmente se destinan \$24,579.00 por hectárea al manejo de problemas fitosanitarios. Con base en lo anterior y para conocer más el problema, se planteó la presente investigación con el objetivo de identificar la especie de antracnosis que daña frutos por su caracterización morfológica y por la técnica molecular de reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, ubicado en el km 34.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, a 18°50' de latitud norte y 96°10' de longitud oeste, así como en el Laboratorio del Campo Experimental Ixtacuaco, ubicado en el km 4.5 de la carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz.

En campo se escogió la fruta en etapa fisiológica de madurez, con una o dos vetas amarillas. El fruto colectado se envolvió en papel de estraza blanco, se evitó el contacto con el suelo, golpes y raspaduras. Posteriormente se etiquetó, tapó y transportó al laboratorio en reja plástica o en caja de cartón.

En el laboratorio del Campo Experimental Cotaxtla los frutos se lavaron y sumergieron en hipoclorito por cinco minutos. Las frutas de papayas, de forma vertical, permanecieron en





una reja estéril por ocho a nueve días. Progresivamente surgieron manchas representativas de antracnosis, de las cuales se obtuvieron fragmentos, del límite de la lesión (tejido afectado y sano); estos fragmentos se desinfectaron y se sembraron sobre medios agua-agar; se realizó una identificación del género con la técnica del cintazo o montaje temporal de éstas. Posteriormente, se sembró en medio de cultivo PDA (papa dextrosa agar) y se incubaron en una cámara de crecimiento Labconco e incrementaron las colonias obtenidas para obtener cultivos monospóricos y así inocular frutos de papaya.

En frutos sanos de genotipos Maradol y Maribel, con una veta de maduración (amarilla) y sanitizadas, se realizaron pruebas de patogenicidad. Esta fruta se inoculó con los aislamientos en PDA; la inoculación se realizó con un palillo de madera, el cual se usó para punzar 2 mm en la superficie de la fruta e introducir el inóculo; se colocaron en cámara húmeda por tres días. Siguiendo los postulados de Koch, se comparó por fotos contra los síntomas originales; después se evaluó el grado de daño visualmente sobre el fruto y el diámetro del crecimiento micelial, para determinar la virulencia de la cepa, de acuerdo a la escala propuesta por Santamaría *et al.* (2011); todos los aislamientos cuyas manchas de grado cinco o mayores se consideraron como agresivos; de este modo, se aislaron los más agresivos nuevamente en medio de cultivo PDA.

Identificación por técnicas moleculares

Con base en las pruebas de patogenicidad se escogieron los aislamientos más agresivos, se hizo un incremento especial para enviar al laboratorio del Campo Experimental Ixtacuaco, para su identificación por técnicas moleculares. Para la extracción manual de ADN se usaron dos métodos: 1) CTAB y 2) cloroformo octanol. Posteriormente se realizó la prueba de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), en un termociclador Techne TC-3000; primero para la detección de hongos del género *Colletotrichum* spp. con los iniciadores ITS1 e ITS4 universales (Cuadro 1), se desarrolló el proceso de implementación con dos programas de ciclado: a) 95°C/1 min, 30 ciclos de 94°C-58°C-72°C/1 min-1min,1min, con una extensión final de 72°C/15 min (ITS prg a) y b) 95°C/3 min, 35 ciclos de 95°C-55°C-72°C/30 seg-45 seg, 45 seg (ITS prg b). Segundo se realizó la prueba de PCR (Cuadro 1) para detección de *C. capsici*, con los iniciadores CcapF/CcapR con el programa de ciclado de 95° C/5 min, 25 ciclos de 94°C-62°C-72°C (30 seg, 2 min, 2 min), con una extensión de 72°C/5 min. Tercero





se desarrolló la prueba de PCR para detección de *C. truncatum*, con uno de los juegos de iniciadores ACT-512F/ACT-783R (Cuadro 1), con un programa de ciclado de 95°C/3 min, 35 ciclos de 95°C-54°C-72°C, con una extensión final de 72°C/15 min.

Cuadro 1. Secuencia de iniciadores utilizados para PCR.

Hongo fitopatógeno	Iniciador	Referencia
<i>Colletotrichum</i> spp.	ITS1 5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3'	(White <i>et al.</i> , 1990)
	ITS4 5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'	
<i>C. capsici</i>	CcapF 5'- GTA GGC GTC CCC TAA AAA GG-3'	(Torres <i>et al.</i> , 2011)
	CcapR 5'- CCC AAT GCG AGA CGA AAT G-3'	
<i>C. truncatum</i>	ACT-512F 5'- ATG TGC AAG GCC GGT TTC GC-3'	(Carbone y Kohn, 1999)
	ACT-783R 5'- TAC GAGTCC TTC TGG CCC AT-3'	
	CHS-79 F 5'- TGG GGC AAG GAT GCT TGG AAG AAG-3'	(Carbone y Kohn, 1999)
	CHS-345R 5'-TGG AAG AAC CAT CTG TGA GAG TTG-3'	
	G3PDHF 5'- GCC GTC AAC GAC CCC TTC ATT GA -3'	(Templeton <i>et al.</i> , 1992)

Resultados y discusión

La investigación se redujo a cinco meses (agosto a diciembre); en ese tiempo se registraron 15 huertos de papaya. De los frutos se obtuvieron 35 aislamientos. Torres *et al.* (2013) obtuvieron 37 aislamientos de cinco estados e identificaron una nueva especie; en esta investigación se identificaron dos nuevas especies para frutos de papaya en Veracruz.

De los aislamientos se seleccionaron los frutos con mancha de 1.5 a 2 cm o mayores a éstos como agresivos (grado 5) (Santamaría *et al.*, 2011); además de algunas características morfo-métricas indicadas en el siguiente párrafo, se tomó en cuenta lo anterior, y así destacaron 13 aislamientos con comportamiento agresivo: T2, T7, T12, T13, T14, T19, T22, T23, T24, T25, T31, T32 y T33. Se evaluaron siete días después de ser inoculados en frutos de papaya Maradol cubana e híbrido Maribel. Una descripción de los síntomas registrados se muestra en el Cuadro 2.





Cuadro 2. Descripción de los aislamientos de *Colletotrichum* spp., evaluados sobre frutos de papaya.

Cepas	Síntomas	Área dañada
T2	Mancha grande, pubescente, blanca.	√√√
T7	Mancha color café claro, con halo húmedo, con hundimiento, presenta pequitas.	√√√
T12	Mancha color café claro, similar a T7, con halo húmedo.	√√√
T13	Mancha grande, color oscuro-negro, con anillos concéntricos.	√√√
T14	Mancha grande, de apariencia negra, hundida con anillos concéntricos. Parecida a T13.	√√√
T19	Mancha grande blanca pubescente, en toda la superficie.	√√√
T22	Mancha grande blanca pubescente, en toda la superficie con secreción de una gotita al centro.	√√√
T23	Mancha chica blanca pubescente, en toda la superficie afectada.	√√√
T24	Mancha chica blanca pubescente radial, pero mayor en diámetro a T23, aunque se parecen.	√√√
T25	Mancha chica blanca, con anillo granuloso o pubescente.	√√√
T31	Mancha mediana hundida con micelio blanco, pubescente.	√√√
T32	Mancha grande hundida con micelio blanco al centro, que cambia a negro, halo húmedo.	√√√
T33	Mancha grande blanca, con centro rosado y anillos concéntricos.	√√√

√√√ = Síntoma de manchas con daño que cubre un área de 3 cm en 7 días (ambiente invernal), √√√ = Síntoma agresivo que cubre un área entre 2 y 3 cm, √√ = síntoma de 1 a 2 cm de área dañada.

El trabajo de identificación de los aislamientos de *Colletotrichum* spp., inició con la determinación de las características morfométricas: lesión húmeda con hundimiento, diámetro de la mancha, color de micelio en la mancha y presencia de setas en el acérvulo. De este modo, las manchas húmedas, hundidas, con presencia de acérvulos, con un diámetro mayor a 1.5 cm, que presentaron cambios del color rosa/salmón de la colonia del hongo, a otros colores, y que al ser observados al microscopio presentaron setas, se consideraron como atípicas, y se consideró que involucraban a otra especie de *Colletotrichum*. Éstas se aislaron, limpiaron y se re-inocularon, para evaluar su patogenicidad y por la respuesta de síntomas se consideraron para su identificación por técnicas moleculares; las técnicas de este proceso combinadas con el proceso molecular para la



identificación de especies, corresponden a las sugeridas por Freeman *et al.* (1998), Rojo *et al.* (2017), Santamaría *et al.* (2011) y Torres *et al.* (2017).

Identificación por técnicas moleculares

Para la identificación por técnicas moleculares se empezó por seleccionar el método más adecuado, para la extracción de ADN del hongo; resultó el cloroformo octanol, modificado en el Campo Experimental Ixtacuaco, con este ADN extraído se realizaron las pruebas de PCR para el género *Colletotrichum* spp., con los iniciadores universales ITS1 e ITS4 y el programa b (ITS prg b) que produjo mejores amplificaciones (Figura 1 y Cuadro 3); se detectó a *Colletotrichum* spp. de un total de 13 aislamientos en seis: T2, T14, T19, T25, T31 y T33 (Cuadro 3).

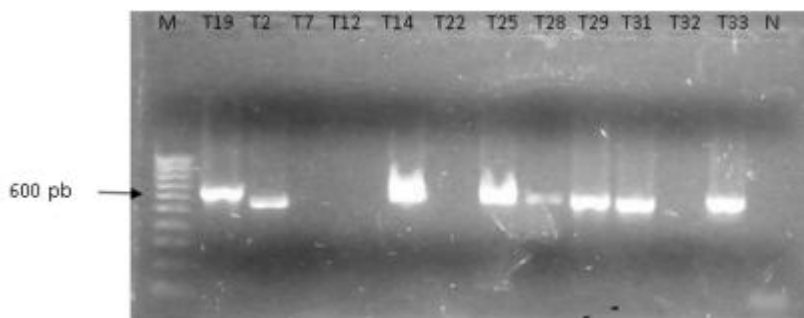


Figura 1. Programa ITS prg b. PCR para la identificación del género *Colletotrichum* spp. M). Marcador molecular HyperLadder de 100 pb. Productos amplificados para los aislamientos T2, T14, T19, T25, T31 y T33 en un rango de amplificaciones aproximadas de 600 a 500 pb correspondientes al género *Colletotrichum* spp. Los aislamientos T7, T12, T22 y T32 no fueron amplificados, N). Control negativo.

Para identificar las especies de este patógeno se aplicaron los programas indicados en el termociclador; los resultados obtenidos para la identificación de especies seleccionadas como más agresivas y los fragmentos amplificados de *Colletotrichum* spp., en el laboratorio del Campo Experimental Ixtacuaco, se indican en el Cuadro 3.



Cuadro 3. Resultados de la identificación de *Colletotrichum* spp., las columnas tres y cuatro corresponden a la respuesta de los programas a y b de los espacios internos transcritos (ITS). Campo Experimental Ixtacuaco, Tlapacoyan, Ver.

Muestra	Extracción DNA * (1)	ITS prg a	ITS prg b	<i>C.capsici</i>	<i>C. truncatum</i>	
					150118	270418
T2	B,B	-	+	-	+	+
T7	B	+	-	-	+	-
T12	B,B	-	-	-	-	-
T13						-
T14	T	+	+	+	Inespecífico	-
T19	B	+	+	-	-	(+)
T22	T,B	-	-	-	-	(+)
T23	X					(+)
T24	X					-
T25	T	+	+	-	Inespecífico	(+)
T31	B,B	-	+	-	+	-
T32	B,B	-	-	-	+	+
T33	B	+	+	-	+	+

*X= No hubo extracción. B= Banda integra. T= Banda tenue.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de PCR, con los iniciadores CcapF-CcapR, sugerida por Torres *et al.* (2011), indican que la cepa T14, con lecturas de 394 pares de bases (pb), es el tamaño esperado para *C. capsici* (Cuadro 3 y Figura 2a); resultados similares los obtuvieron Santamaría *et al.* (2011) y Torres *et al.* (2011), quienes identificaron el aislamiento en frutos de papaya de Yucatán y nuestro equipo lo identificó en Veracruz. Como se describe en el Cuadro 2, corresponde a manchas grandes, hundidas, de apariencia negra, con anillos concéntricos, fue aislada del huerto de un productor altamente tecnificado del municipio de Cotaxtla.

Los resultados obtenidos con PCR y los iniciadores ACT-512F- ACT-783R (Carbone y Kohn, 1999), expresan que las cepas T2, T7, T32 y T33 dieron lecturas de 249 pb, que corresponden a *C. truncatum* (Cuadro 3 y Figura 2b), en una primera evaluación, en frutos procedentes de los municipios de Tlalixcoyan y Tierra Blanca. En el Cuadro 2 se registra como síntomas diferentes, T7 presenta mancha color café claro con puntos anaranjados, pequitas, con halo húmedo y hundimiento, mientras que los aislamientos T2, T32 y T33 comparten manchas con micelio pubescente blanco, que tiende a cambiar a negro; las



manchas hundidas, en T33 presentan anillos concéntricos blancos con centro rosado; fueron aislados de tres productores tecnificados. Los resultados obtenidos se relacionan con los citados por Rojo *et al.* (2017) y Torres *et al.* (2017), quienes reportan que *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* son las principales especies reportadas sobre papaya en México, e incluso determinaron su presencia en cinco estados del sur, excepto en Veracruz; esta investigación demuestra que también se encuentran en este último estado, y que predominó en tres huertos de los tres municipios más importantes. Esta metodología fue similar a la descrita por Aktaruzzaman *et al.* (2017).

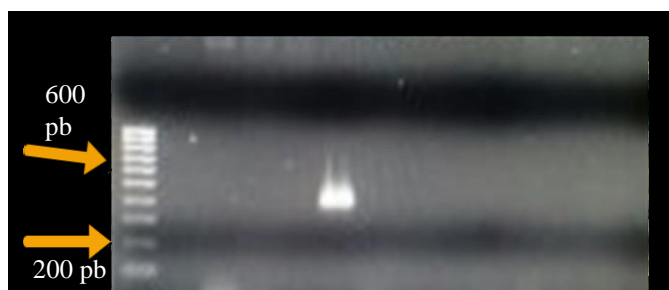


Figura 2a. PCR para la detección de *C. capsici* (T14)

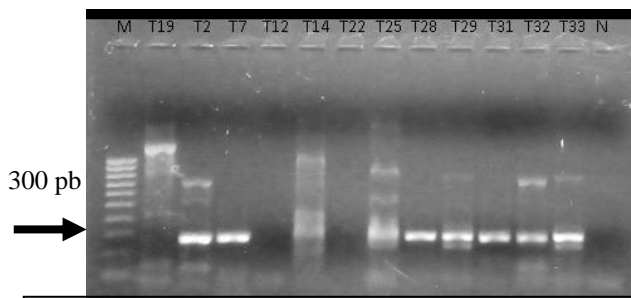


Figura 2b. PCR para la detección de *C. truncatum*

Figura 2. Productos de la amplificación obtenidos por pruebas de PCR para la detección de *C. capsici* (2a) y PCR para *C. truncatum* (2b).

Torres *et al.* (2013) registraron la presencia de *C. gloeosporioides* en el municipio de Soledad de Doblado, en el centro de Veracruz; producto de esta investigación ahora se conoce que en esta entidad se ha determinado la presencia de *C. gloeosporioides*, *C. truncatum* y *C. capsici* sobre frutos de papaya. El primero de ellos, reaccionó a los iniciadores universales ITS1- ITS4; de acuerdo a los diagnósticos de frutos, su presencia se relaciona con manchas de color rosa o salmón, síntoma que también predomina en los frutos de la mayoría de los huertos de Veracruz, aunque en el estudio de PCR no se haya registrado con claridad, Rojo *et al.* (2017) citan que *C. gloeosporioides* es una de las dos especies predominantes sobre papaya en México.

No obstante que se obtuvieron resultados satisfactorios, también se presentaron productos inespecíficos, por lo que es necesario seguir optimizando este protocolo, para obtener sólo los fragmentos deseados correspondientes al par de iniciadores utilizados, además de usar otro juego de iniciadores. Torres *et al.* (2017) consideran que se requiere robustecer los trabajos de identificación con más caracterización molecular.



Conclusiones

1. Adicional a *Colletotrichum gloeosporioides*, se identificaron dos nuevas especies en Veracruz: *C. capsici* y *C. truncatum*, a reserva de evaluar otros oligos y/o iniciadores.

Literatura citada

- Aktaruzzaman, Md., T. Afroz, Y. G. Lee and B. S. Kim. 2017. Post-harvest anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum truncatum* in Korea. *European Journal of Plant Pathology* 150(1):259-265.
- Carbone, I. and L. M. Kohn. 1999. A method for designing primers set for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycologia* 91(3):553-556.
- De los Santos, R. F., E. N. Becerra L., R. Mosqueda V., A. Vásquez H. y A. B. Vargas G. 2000. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz. Folleto Técnico Núm. 17. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 87 p.
- Freeman, S., T. Katan and E. Shabi. 1998. Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of varios fruits. *Plant Disease* 82(6):596-605.
- Gutiérrez, A. J. G., O. Gutiérrez A., D. Nieto A., D. Téliz O., E. Zavaleta M., F. Delgadillo S. *et al.* 2003. Resistencia a benomil y tiabendazol en aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. obtenidos de mango (*Mangifera indica* L.) en cinco regiones de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21(3):260-266.
- Rojo, B. I., B. Álvarez R., R. S. García E., J. León F., A. Sañudo B. and R. Allende M. 2017. Current status of *Colletotrichum* spp. in Mexico: Taxonomy, characterization, pathogenesis and control. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35(3):549-570.
- Santamaría, B. F., R. Díaz P., O. Gutiérrez A., J. Santamaría F. y A. Larqué S. 2011. Control de dos especies de *Colletotrichum* causantes de antracnosis en frutos de papaya Maradol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(5):631-643.





- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Producción anual agrícola. Cierre de la producción agrícola Nacional (1980-2017). <http://www.siap.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [consultado el 9 de julio de 2018].
- Templeton, A. R., K. A. Crandall and C. F. Sing. 1992. A cladistic analysis of phenotypic associations with haplotypes inferred from restriction endonuclease mapping and DNA sequence data. III. Cladogram estimation. *Genetics* 132:619-633.
- Torres, C. C., R. Tapia T., A. Quijano R., R. Martin M., R. Rojas H., I. Higuera C. and D. Pérez B. 2011. A species-specific polymerase chain reaction assay for rapid and sensitive detection of *Colletotrichum capsici*. *Molecular Biotechnology* 49:48-55.
- Torres, C. C., R. Tapia T., I. Higuera C. and D. Pérez B. 2013. Morphological, pathological and genetic diversity of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.). *European Journal of Plant Pathology* 135(1):67-79.
- Torres, C. C., R. Tapia T., I. Higuera C., E. Huchin P., R. Martin M., A. Nexticapan G. *et al.* 2017. Characterization of *Colletotrichum truncatum* from papaya, pepper and physic nut based on phylogeny, morphology and pathogenicity. *Plant Pathology* 67(4):821-830.
- Vázquez, G. E., H. Mata V., R. Ariza F. y F. Santamaría B. 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya Maradol en la planicie huasteca. Libro Técnico No. 4. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tam., México. 155 p.
- White, T. J., T. D. Bruns, S. B. Lee and J. W. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. p. 315-322. *In*: Innis, M. A., D. H. Gelfand, J. J. Sninsky and T. J. White (eds.). *PCR protocols: A guide to methods and applications*. New York, USA.





EVALUACIÓN DE CINCO HÍBRIDOS DE GIRASOL BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL SUR DE TAMAULIPAS

Juan Valadez Gutiérrez^{51*}

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de grano y comportamiento agronómico de 5 híbridos comerciales de girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo condiciones de riego durante el ciclo Otoño-Invierno (O-I) 2016-2017 en el sur de Tamaulipas. La localidad donde se llevó a cabo la evaluación, fue el Campo Experimental Las Huastecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), situado en el Km 55, carretera Tampico-Mante, Villa Cuauhtémoc, municipio de Altamira, Tamaulipas, México. Las condiciones de humedad fueron riego por goteo. Se aplicó la fórmula de fertilización 40-30-00, más dos aplicaciones foliares de micro-elementos (Mg, Fe y Zn) y una de boro. La densidad de población fue de 50,000 plantas/ha. Se realizó una aplicación del insecticida PalgusTM (spinotoram), dosis de 100 mL/ha, para controlar el gusano del capítulo (*Homeosoma electellum* Stall). Los resultados indicaron que el mayor rendimiento de grano (7% de humedad) fue para el híbrido P64HE118 con 2,667.0 kg/ha. No obstante, los materiales genéticos, P64HH98, P63HE60 y P63HH111 cuyos rendimientos de grano fueron de 2,610.7; 2,388.0 y 2,317.7 kg/ha respectivamente, no fueron considerados estadísticamente diferentes respecto al híbrido referido. El híbrido SYN3950HO (testigo) presentó el menor rendimiento de grano (1,915.6 kg/ha). El híbrido más precoz fue P63HH111 con 62 días a floración (R5) y 122 días a madurez fisiológica (R9). Los híbridos más tardíos fueron el testigo (SYN3950HO) con 73 días a R5 y 122 días a R9, así como el híbrido P64HE118 con 73 días a R5 y 119 días a R9. La menor altura de planta correspondió al híbrido P63HH111 con 122.25 cm, mientras que la mayor altura correspondió al híbrido P64HE118 con 175 cm. En cuestión de sanidad, destacó el híbrido P64HE118 por presentar la menor incidencia de cenicilla polvorienta (*Erysiphe cichoracearum* DC.) con calificación de

⁵¹Campo Experimental Las Huastecas. INIFAP. *valadez.juan@inifap.gob.mx





2 (escala del 0 al 5). Dado que el rendimiento de grano promedio del presente experimento superó al promedio mundial de producción, las expectativas productivas de este cultivo a nivel regional pudieran ser muy satisfactorias.

Palabras clave: *Helianthus annuus* L., evaluación, híbridos

Introducción

De acuerdo con Bye *et al.* (2009), el girasol es un cultivo milenario de México, cuya domesticación data desde la época precolombina, pues se han encontrado semillas fosilizadas de 4 mil años de antigüedad en el estado de Morelos. Sin embargo, otras fuentes señalan que la sistematización de este cultivo se realizó alrededor del año 1000 después de Cristo.

El girasol es uno de los principales granos oleaginosos, pertenece al género *Helianthus*, el cual se encuentra constituido por 49 especies: 12 anuales y 37 perennes; se establece desde el norte de México hasta el sur de Canadá y se adapta fácilmente a diferentes ambientes, por lo que actualmente se cultiva en todo el mundo (SNICS, 2016).

En el periodo 2004-2007, los principales países productores de girasol en el plano internacional fueron Rusia, Ucrania, Argentina, India, China, Rumania y E.U., los cuales, en conjunto sumaron el 72% de la producción mundial (22.74 millones de toneladas). Destacó Rusia que aportó el 23%. No obstante, la tendencia al final del periodo fue de franca disminución, registrando incluso una tasa de crecimiento negativa de 8.8% (CONASIPRO, 2008).

En México, el girasol se siembra de manera asociada con maíz, frijol y calabaza; sus semillas son aprovechadas para consumirse tostadas o en la elaboración de atoles para consumo humano; así como para la extracción de aceites (linoleico, oleico y palmítico), que se usa en la medicina para el tratamiento de personas con alto nivel del colesterol en la sangre, en la gastronomía para la preparación de platillos, en menor medida como confiteros y en la alimentación de aves. La siembra de girasol con la finalidad de su aprovechamiento como





forraje, es otro uso que cobró importancia nacional y mundial (Robles, 1989; Penichet, *et al.*, 2010).

Del girasol se obtienen dos principales productos, la harina y el aceite, la primera es utilizada en la industria de alimentos ya que su contenido de proteína oscila entre el 40 y 50%, lo que la hace atractiva para la alimentación del ganado. Por otro lado, el aceite de girasol es uno de los aceites con mayores beneficios a la salud, por su alto contenido de grasas poliinsaturadas (Robles, 1989; Pereira *et al.*, 2014). Otros usos de la semilla de girasol son la elaboración de jabones, cosméticos, detergentes y hasta combustibles en algunos países (Robles, 1989).

La producción de girasol mexicano no figura en el comercio mundial de oleaginosas debido a que la superficie que se destina para su cultivo es poca comparada con otros países como Argentina. Sin embargo, en nuestro país se reportan siembras de girasol esporádicas en los estados de Guanajuato, Jalisco, Puebla, Tlaxcala, Zacatecas, Durango, Estado de México, Aguascalientes y Morelos. De acuerdo con la SAGARPA (2011) en el periodo 1998 a 2008, México se ubicó en el lugar número 65 a nivel internacional tanto en volumen de producción como en superficie cosechada. Sin embargo, dichos valores representaron el 0.001% en el contexto mundial. Por otro lado, en el periodo referido, los rendimientos de girasol en México promediaron 1.6 t/ha ubicándose en el 17º lugar, siendo superior al promedio mundial y al de varios países productores.

La formación y comercialización de semilla híbrida de girasol por parte de empresas transnacionales, permiten la siembra de girasol con mayores expectativas productivas. No obstante, la investigación pública que realizan diversas instituciones mexicanas, debieran retomar y fortalecer la investigación en este cultivo. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de grano y comportamiento agronómico de cinco híbridos comerciales de girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo condiciones de riego durante el ciclo Otoño-Invierno (O-I) 2016-2017 en el sur de Tamaulipas.





Materiales y métodos

La presente evaluación se realizó durante el ciclo O-I 2016-2017 en el Campo Experimental Las Huastecas, ubicado en el Km 55 de la carretera Tampico-Mante, Villa Cuauhtémoc, municipio de Altamira, Tamaulipas. La fecha de siembra fue el 8 de diciembre de 2016. La preparación del terreno constó de barbecho, dos pasos de rastra y bordeo. La siembra se efectuó depositando en promedio seis semillas por metro lineal de surco y mediante el aclareo se dejaron cuatro plantas por metro de surco, con separación entre surcos de 0.80 m. La densidad de población fue de 50,000 plantas/ha. La fertilización del cultivo se realizó empleando la fórmula 40-30-00. Para tal fin se utilizó el MAP (11-52-00) como fuente de fósforo y sulfato de amonio como fuentes de nitrógeno. Esta práctica se realizó en forma directa al suelo en una sola aplicación a los 18 días después de la siembra. En forma complementaria fueron efectuadas dos aspersiones foliares con el producto Bikel, fuente de los micro elementos Mg, Fe y Zn (dosis de 2.6 L/ha) y una tercera aspersión foliar con el producto Boramin como fuente de boro (dosis de 0.6 L/ha). El control de plagas involucró una aplicación del insecticida PalgusTM (spinetoram) a dosis de 100 mL/ha, para el control de gusano del capítulo (*Homeosoma electellum* Stall). Los híbridos evaluados fueron: P64HE118, P64HH98, P63HE60, P63HH111 y SYN3950HO (testigo). Las variables respuesta evaluadas fueron el rendimiento de grano ajustado al 7% de humedad (REN7), días a floración (DR5), días al inicio del llenado de grano (DR6), altura de planta en centímetros (APL), plantas acamadas por parcela útil (ACP), incidencia de enfermedades, medida en escala arbitraria del 1-5 (ENF), peso de 100 semillas expresada en gramos (P100) y peso hectolítrico de grano en kg (PHLG). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental constó de cuatro surcos de 5 metros de largo y con separación entre surcos de 0.80 m (16 m²). La parcela útil consideró a los dos surcos centrales (8 m²). El análisis estadístico comprendió un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) empleando el programa SAS, V9.3.





Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados de los análisis de varianza (Cuadro 1) para cada una de las variables respuesta consideradas en el presente experimento, se observa que en todas ellas se obtuvo una respuesta altamente significativa ($P \leq 0.01$). Por lo anterior, resulta procedente efectuar la comparación de medias para identificar a los híbridos con el mejor rendimiento de grano y para cada una de las variables de comportamiento agronómico consideradas en la presente evaluación.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia para rendimiento de grano y variables de comportamiento agronómico de cuatro genotipos de girasol y un testigo comercial, Ciclo O-I, 2016-2017.

F.V.	G.L	REN7 (kg/ha)	DR5	DR6	DR9	APL	ACP	ENF	P100	PHLG
Genotipo	4	355323.246**	98.92**	63.425**	113.20**	1592.20**	0.05**	0.95**	0.48**	784.30**
Error	12	37670.693	0.258	1.392	0.066	11.266	0.05	0.05	0.065	42.96
C. V.		8.156	0.75	1.41	0.22	2.24	447.21	7.84	4.22	1.50

Rendimiento de grano en kg/ha al 7% de humedad (REN7); Días a floración (DR5); Días inicio del llenado de grano (DR6); Días a la madurez fisiológica (DR9); Altura de planta en centímetros (APL); Acame de planta, expresada en número de plantas acamadas por parcela útil (ACP); Incidencia de enfermedades (Escala arbitraria del 1-5) (ENF); Peso de 100 semillas en gramos (P100); Peso hectolítrico de grano en kg (PHLG). Cuadrados medios para variables respuesta (**) son consideradas altamente significativas ($p \leq 0.01$).

Rendimiento de grano al 7% de humedad

El híbrido de girasol que presentó el mayor rendimiento de grano ajustado al 7% de humedad, fue P64HE118 con 2,667.0 kg/ha (Cuadro 2). No obstante, con excepción del testigo (SYN3950HO), el resto de híbridos evaluados fueron considerados no diferentes estadísticamente respecto al más rendidor. Dichos materiales genéticos fueron P64HH98, P63HE60 y P63HH111, con rendimientos de 2,610.7, 2,388.0 y 2,317.7 kg/ha respectivamente. El testigo presentó el menor rendimiento de grano (1,915.6 kg/ha). El rendimiento promedio de grano del experimento se ubicó en 2,379 kg/ha. En general, los resultados obtenidos en la presente evaluación fueron muy satisfactorios, toda vez que el rendimiento de grano promedio del experimento fue 2,379 kg/ha. Dicho valor supera al promedio mundial especificado en 1,300.0 kg/ha (SAGARPA, 2011). Asimismo, estos resultados permiten suponer que el futuro para este cultivo en México puede ser muy





promisorio, dadas sus cualidades productivas y de adaptación ambiental (Robles, 1989; Penichet *et al.*, 2010), sus usos para la alimentación del ganado, obtención de aceite de excelente calidad para el consumo humano y diversos derivados de uso industrial, cosmético y de importancia para la salud (Robles, 1989; Pereira *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Valores promedio para rendimiento de grano y nueve características de comportamiento agronómico, de cuatro genotipos de la compañía PHI México S. A. de C.V., y dos testigos. Ciclo O-I, 2016-2017.

Genotipo	REN7 (kg/ha)	DR5	DR6	DR9	APL	ACP	ENF	P100	PHLG
P64HE118	2,667.0 a	72.75 a	87.50 a	119.00 b	175.00 a	0.00 a	2.00 b	6.12 ab	43.25 b
P64HH98	2,610.7 a	66.00 b	86.00 ab	119.00 b	158.50 b	0.00 a	3.00 a	5.62 b	45.45 a
P63HE60	2,388.0 a	65.00 b	83.75 bc	112.00 c	140.00 c	0.00 a	3.25 a	6.10 ab	43.10 b
P63HH111	2,317.7 ab	62.00 c	77.25 d	109.00 d	122.25 d	0.25 a	3.00 a	6.52 a	45.00 a
SYN3950HO (testigo)	1,915.5 b	73.25 a	82.00 c	121.50 a	155.00 b	0.00 a	3.00 a	5.78 b	42.10 b
Promedio	2,379.8	67.80	83.3	116.1	150.2	0.05	2.85	6.03	43.78

Rendimiento de grano en kg/ha al 7% de humedad (REN7); Días a floración (DR5); Días inicio del llenado de grano (DR6); Días a la madurez fisiológica (DR9); Altura de planta en centímetros (APL); Acame de planta, expresada en número de plantas acamadas por parcela útil (ACP); Incidencia de enfermedades (Escala arbitraria del 1-5) (ENF); Peso de 100 semillas en gramos (P100); Peso hectolítrico de grano en kg (PHLG). Valores con distinta letra en cada columna son diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

Días a floración (R5), inicio de llenado de grano (R6) y madurez fisiológica (R9). El híbrido de girasol más precoz fue P63HH111 con 62 días a R5, 109 días a R6 y 122.25 días a madurez fisiológica (R9) (Cuadro 2). En sentido opuesto se encuentran los genotipos más tardíos, destacando el testigo (SYN3950HO) con 73.25 días a R5 y 121.50 días a R9, así como el híbrido P64HE118 con 72.75 días a R5 y 119 días a R9.

Altura de planta. El genotipo de girasol PHI que alcanzó la menor altura de planta bajo las condiciones de evaluación del ciclo O-I, 2016-2017 fue P63HH111, con valor de 122.25 cm, mientras que la mayor altura de planta correspondió al híbrido P64HE118 con 175 cm (Cuadro 2). La altura promedio registrada en el presente ensayo fue de 150.2 cm.

Acame de planta y polifloría. El acame de plantas (Cuadro 2) al igual que la polifloría, esta última no referida como variable de estudio, no representaron problema alguno debido a su baja incidencia. El promedio del experimento para acame fue de 0.05, mientras que en el





caso de la polifloría no registró incidencia alguna, razón por la cual no figura en cuadros de resultados.

Incidencia de enfermedades. Tres de los cuatro híbridos evaluados y el testigo, presentaron un valor de 3 de calificación para incidencia de enfermedades, representada fundamentalmente por la cenicilla polvorienta (*Erysipe cichoracearum*). Los híbridos referidos fueron P64HH98, P63HE60, P63HH111 y SYN3950HO (testigo). La calificación de incidencia de enfermedades asignada, es considerada moderadamente alta. Destacó el híbrido P64HE118 por presentar el menor valor (2, escala del 0 al 5) lo cual se interpreta como una susceptibilidad baja.

Peso de 100 semillas. El mayor peso de 100 semillas correspondió al híbrido P63HH111 con valor de 6.52 gramos y junto con los híbridos P63HE60 y P63HH111 superaron el promedio general del experimento que fue 6.03 g (Cuadro 2).

Peso hectolítrico de grano. El mayor valor correspondió al híbrido P63HH111 con 45.0 kg para 100 litros de grano (Cuadro 2). En este genotipo, se observó una coherente concordancia entre dicho valor y peso de 100 semillas, dado que en ambos casos registró los más altos valores. Dicha concordancia no se observó en el caso de los híbridos P64HE118, P64HH98, P63HE60 y SYN3950HO (testigo). El valor promedio del experimento para PHLG fue de 43.78 kg para 100 litros de grano.

Conclusiones

1. El híbrido P64HE118 presentó el máximo rendimiento de grano con valor de 2,667.0 kg/ha; este híbrido compartió junto con los genotipos P64HH98, P63HE60 y P63HH111 el grupo élite de altos rendimiento de grano, con sus correspondientes valores de 2,610.7, 2,388.0 y 2,317.7 kg/ha respectivamente. 2. Por su precocidad a floración (R5), Inicio de llenado de grano (R6) y madurez fisiológica (R9) destacó el híbrido de girasol P63HH111 con 62, 109 y 122 días después de la siembra a dichos estados fenológicos respectivamente. 3. Por su





máxima y mínima alturas de planta, destacaron los híbridos de girasol P64HE118 y P63HH111 cuyos valores fueron de 175 y 122.25 cm respectivamente. 4. Ninguno de los híbridos evaluados presentó problemas de acame o polifloría, características desventajosas e indeseables en cualquier híbrido comercial. 5. En la sanidad de planta, destacó el híbrido P64HE118 por presentar la menor incidencia de enfermedades (2, escala del 0 al 5). 6. Destacó el híbrido P63HH111 por presentar el mayor peso de 100 semillas (6.03 g) y peso hectolítrico de grano (45.0 kg).

Literatura citada

- Bye, R. E. Linares y D. L. Lentz. 2009. México: Centro de Origen de la Domesticación del Girasol. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 12(1):5-12.
- Comité Nacional del Sistema Producto Oleaginosas. 2008. Girasol, Situación Actual, Mundial y Regional. Lic Noé Cerero Hernández. CONASIPRO. http://www.oleaginosas.org/art_237.shtml#top.
- Penichet, C. M., R. Alemán P., P. Carballo G. 2010. El cultivo de girasol como alternativa forrajera viable para la alimentación del ganado. Centro Agrícola. 37(2):69-73. https://www.researchgate.net/publication/5017165_EL_CULTIVO_DEL_GIRASOL_COMO_ALTERNATIVA_FORRAJERA_VIABLE_PARA_LA_ALIMENTACION_DEL_GANADO
- Pereira, C. S., G. Flores G., A. González A., B. Fernández L., J. Valladares A., N. Díaz D. et al. 2014. Rendimiento y valor nutricional del girasol (*Helianthus annuus* L.) aprovechado para forraje tras la floración. <http://www.pastoscantabria2014.es/textos/comunicaciones/pa1.pdf>
- Robles, S. R. 1989. Producción de Oleaginosas y Textiles. Editorial Limusa S.A. de C.V. México. 431-498 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Informe. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo infraestructura de distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf. [consultado en octubre de 2017]





EVALUACIÓN DE MAÍCES COMERCIALES EN CONDICIONES DE RIEGO EN IGUALA, GUERRERO

Alejandro Sotelo Aguilar^{52*} y José Manuel Castro Salas⁵²

Resumen

Las variedades criollas o mejoradas de polinización libre tienen arraigo entre los agricultores, pero su potencial de rendimiento es limitado, por lo que una posibilidad de su uso es en combinación con híbridos, con la finalidad de mejorar sus características agronómicas y elevar su productividad. Durante el ciclo otoño-invierno 2016-17, en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero se condujo un experimento con el objetivo de determinar el rendimiento de nueve genotipos de maíz. La siembra se realizó el 8 de enero de 2017 en forma manual, depositando de tres a cuatro semillas por golpe cada 50 cm en el fondo del surco. Se evaluaron los genotipos: PIONEER-3288, PIONEER-3292, VS-535, VS-529, VS-536, V-531, V-424, RH-2 y A-7440. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron: altura de planta (AP), inicio de floración masculina (IFM), inicio de floración femenina (IFF), madurez fisiológica (MF), altura a la primera mazorca (APM), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), peso de 100 granos (PCG) y rendimiento de grano (RG). Los genotipos más productivos fueron: PIONEER 3292, VS-529 y VS-535, con rendimientos de grano de 5,472, 5,182 y 5,137 kg/ha, respectivamente.

Palabras clave: *Zea mays* L., genotipos, rendimiento, madurez fisiológica

⁵² Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero.
*alejandro_soteloaguilar@hotmail.com





Introducción

En México, el maíz es un cultivo de primordial importancia económica y social, ya que es un componente de la dieta diaria de la población, el cual proporciona la mayor parte de los carbohidratos. Es el cereal más ampliamente distribuido a nivel mundial, el cual ocupa la tercera posición en producción, seguido por el trigo y el arroz (SIACON, 2007). Argentina es uno de los principales países productores de maíz en American Latina, que aporta el 8.7% de la producción latinoamericana (Vega y Ramírez, 2004). En México se cultivan en promedio 7'000,000 de ha, con una producción de 17'500,000 t (Velásquez, 2007). Los estados con mayor producción de maíz son: Jalisco, el estado de México y Chiapas. Además, es el cultivo más importante en el estado de México con 573,000 ha cultivadas, una producción estimada en 1'801,330 t y un rendimiento promedio de grano de 3.1 t/ha (SEDAGRO, 2007). La principal zona productora es el Valle de Toluca-Atlacomulco con alrededor de 250,000 ha y rendimientos de 2.5 a 6.5 t/há (Niño *et al.*, 1998). Con la siembra de híbridos y variedades de alto rendimiento se han introducido enfermedades de importancia cuarentenaria, como el carbón de la espiga causado por el hongo *Sporisorium reilianum* (Kühn) Langdon y Fullerton (sin. *Sphacelotheca reiliana* Kühn) (SAGARPA, 2002). En el estado de Guerrero, anualmente se siembran 40,000 ha de maíz, y es el cultivo de mayor importancia, tanto por su superficie de siembra, como por la actividad económica que genera (Gómez *et al.*, 1990). La potencialidad productiva del maíz aún no ha sido completamente explotada, debido a una serie de factores limitantes entre los que destaca el reducido uso de variedades mejoradas y de semillas de buena calidad. Por la importancia que este cultivo tiene en el país, del cual dependen alrededor de 106,000 familias (SEP, 1983), las investigaciones se han enfocado, en gran parte, al desarrollo de materiales genéticos con alto potencial de rendimiento. El rendimiento medio en el estado de Guerrero es de 1.5 t/ha, el cual es menor a la media nacional, debido principalmente a que el 90% de las tierras son de temporal y aproximadamente 200,000 ha son de lomerío y con pendientes muy pronunciadas. Además, las semillas mejoradas solo se utilizan en el 20% de la superficie y las prácticas de cultivo se realizan en su mayoría con tracción animal. En los últimos años en el estado de Guerrero se ha promovido el uso de la mínima labranza de maíz, debido a que, en otras regiones del país, se han observado algunas bondades al utilizar este sistema. En la producción y venta





de semillas mejoradas han salido al mercado nuevas variedades e híbridos, tanto del INIFAP como de compañías privadas (PIONEER, ASGROW, DEKALB, entre otras), que han mostrado buenos rendimientos en las regiones productoras de la zona norte del estado de Guerrero.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó durante el ciclo agrícola de otoño-invierno de 2016-17, en terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en el km 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan, en el estado de Guerrero. El sitio experimental se localiza a 18° 20' 57" de LN y 99° 28' 43" de LO, a una altitud de 757 m (CETENAL, 1979). El tipo de clima es Awo (w) (i) g, considerado el más seco de los cálidos húmedos, con lluvias en verano, precipitación pluvial media anual de 977 mm, distribuida principalmente de los meses de mayo a octubre; la temperatura promedio es de 25.7°C, siendo enero el mes más frío con una media de 22°C (García, 1973).

Los genotipos de maíz evaluados fueron: PIONEER-3288, PIONEER-3292, VS-535, VS-529, VS-536, V-531, V-424, RH-2 y A-7440. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones, y unidades experimentales de cuatro surcos de 10 m de largo, espaciados a 80 cm, teniendo como parcela útil los dos surcos centrales de 9 m de largo, eliminando 50 cm de orilla en cada uno de ellos.

La semilla utilizada se desinfectó con Furadan 350-TS, para prevenir el ataque de plagas del suelo. La siembra se realizó el 8 de enero de 2017 en forma manual, depositando de tres a cuatro semillas por golpe cada 50 cm en el fondo del surco. Se aplicó la dosis de fertilización 90N-60P₂O₅-0K₂O en dos partes: en la primera, se aplicó la mitad de nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y en la segunda el resto del nitrógeno. Como fuente de nitrógeno se utilizó sulfato de amonio (20.5% de N.) y de fósforo, superfosfato de calcio simple (19.5% de P₂O₅). Se realizó control de arvenses con el herbicida preemergente Gesaprim Combi, a razón de 120 mL en 15 L de agua/bomba. Se realizaron seis riegos al cultivo distribuido en el periodo durante su desarrollo del cultivo. Por la presencia de gusano





cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se aplicó Lorsban en dosis de 2 mL/L de agua; también hubo una ligera incidencia de larvas de doradilla (*Diabrotica* spp.), pero no fue necesario controlarlas mediante la aplicación de insecticida.

Las variables medidas fueron: altura de planta (AP), inicio de floración masculina (IFM), inicio de floración femenina (IFF), madurez fisiológica (MF), altura a la primera mazorca (APM), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), peso de 100 granos (PCG) y rendimiento de grano (RG), las cuales se cuantificaron en una muestra de 10 plantas de cada unidad experimental. Se realizó el 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 Tukey al 0.05.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra la significancia detectada en cada una de las variables cuantificadas. Se encontró significancia en madurez fisiológica, diámetro de mazorca y rendimiento de grano; en el resto de las variables no hubo efecto significativo. Los coeficientes de variación (CV) fueron de 0.65 obtenido en madurez fisiológica a 24.148% en el rendimiento de grano.

Cuadro 1. Valores de F calculada y significancia detectada en cada una de las variables cuantificadas en el experimento de evaluación de genotipos de maíz. Ciclo de otoño-invierno 2016-17.

FV	GL	AP	IFM	IFF	MF	APM	LM
Bloques	3	0.47 ns	3.91 *	3.54 *	0.46 *	1.44 ns	4.88 **
Genotipos	8	0.61 ns	1.40 ns	1.31 ns	1.97 *	0.92 ns	0.85 ns
CV (%)		16.28	4.28	4.16	0.65	17.77	5.87
FV	GL	DM	NHM	NGH	PCG	RG	
Bloques	3	16.12 **	0.40 ns	2.82 *	3.27 *	5.12 **	
Genotipos	8	3.21 *	1.41 ns	0.49 ns	1.28 ns	1.63 *	
CV (%)		3.02	8.37	7.03	12.03	24.15	

* = Efecto significativo. ** = Efecto altamente significativo. ns = Efecto no significativo.





En el Cuadro 2 se presentan los valores promedios de las variables en que se detectó significancia en los análisis de varianza a un $\alpha = 0.05$. PIONEER-3288 fue el genotipo más tardío con tiempo a la madurez fisiológica de 130 días después de la siembra, significativamente mayor que los genotipos PIONEER-3292, VS-529 y RH-2, los cuales presentaron su madurez fisiológica a los 128 días. En relación con el diámetro de mazorca, los mayores valores se obtuvieron con PIONEER-3292 con 4.87 cm, la VS-535 con 4.85 cm y la VS-529 con 4.82 cm. Con respecto al rendimiento de grano, PIONEER-3292 fue el genotipo más rendidor con 5,472 kg/ha. Se infiere que los genotipos PIONEER-3292, VS-529 y VS-535 aportan mayor rendimiento por hectárea, debido a que fueron los que presentaron mayor diámetro de mazorca, característica que está correlacionada con el rendimiento de grano de maíz. Mientras que las demás variables no fueron significativas.

Cuadro 2. Valores promedio de las variables que causaron significación en la evaluación de genotipos de maíz. Ciclo de otoño-invierno de 2016-17.

Genotipo	MF (d)	DM (cm)	RG (kg/ha)
PIONEER-3288	130 a	4.650 ab	3,971 ab
VS-536	129 ab	4.725 ab	4,816 ab
V-531	129 ab	4.650 ab	3,742 ab
A-7440	129 ab	4.725 ab	4,819 ab
VS-535	129 ab	4.850 a	5,137 ab
PIONEER-3292	128 b	4.875 a	5,472 a
VS-529	128 b	4.825 a	5,182 ab
V-424	129 ab	4.575 b	3,457 b
RH-2	128 b	4.500 b	4,393 ab

MF = Días a la madurez fisiológica. DM = Diámetro de mazorca. RG = Rendimiento de grano. Valores promedio con la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí (Tukey, 0.05).

Tosquy *et al.* (2005) mencionan que es importante considerar, además del rendimiento del grano, la altura de planta y mazorca, dentro de sus resultados maneja una altura de 2.83 m para planta y 1.18 m para mazorca, con un rendimiento de 4 253 kg/ha, lo que se asemeja con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Por otro lado, Tosquy *et al.* (1995) reportan que la variedad sintética VS-536 (5421 kg/ha) y el híbrido experimental de cruza simple HCSV-23 (5235 kg/ha), sólo tienen 4 y 7%, menos que el promedio del genotipo TRC





(5655 kg/ha), que fue el de mayor rendimiento; estos resultados son similares a los obtenidos en el presente trabajo.

Conclusiones

1. El híbrido PIONEER-3292 fue el más productivo con 5,472 kg/ha, seguido de las variedades VS-529 y VS-535, con 5,182 y 5,137 kg/ha, respectivamente. 2. Las variedades sintéticas de polinización libre demostraron ser competitivas en el rendimiento de grano con los híbridos de polinización controlada. 3. En los caracteres inicio de floración masculina, inicio de floración femenina, madurez fisiológica, diámetro de mazorca, peso de 100 granos y rendimiento de grano, los genotipos que sobresalieron fueron PIONEER-3288, VS-535, VS-536, A-7440, VS-529 y PIONEER 3292, respectivamente.

Literatura citada

- CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional). 1979. Carta topográfica hoja iguala E-14-A-78. Escala 1:5000. Secretaria de Programación y Presupuesto. México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2a ed. UNAM. México, D. F.
- Gómez, M. N., J. Cañedo C., R. Cruzaley S., M. A. Cantú A., R. V. Peña F., F. Lorenzana A. y M. Evangelista A. 1990. El cultivo de maíz en Guerrero. Folleto Técnico No. 1. SARH. INIFAP. Acapulco. Gro., México.
- Niño, C. V., C. Nicolás M., D. J. Pérez L. y A. González H. 1998. Estudio de trece híbridos y cinco variedades de maíz en tres localidades del Valle Toluca-Atlacomulco. Revista Ciencias Agrícolas Informa 12:33-43.





- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-081-FITO-2001. Manejo y eliminación de focos de infestación de plagas, mediante el establecimiento o reordenamiento de fechas de siembra, cosecha y destrucción de residuos. SAGARPA. Diario Oficial de la Federación, 18 de septiembre del 2002. México, D. F. 8 p.
- SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario). 2007. Cierre agrícola 2006. Superficie cosechada y volumen de la producción de los principales productos agrícolas en temporal y riego por ciclo agrícola. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Metepec, edo. Méx., México. 1 p.
- SEP (Secretaría de Educación Pública). 1983. Maíz área producción vegetal. Manual para educación agropecuaria. Trillas, México.
- SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta). 2007. Anuario estadístico de la producción agrícola. SAGARPA. México, D.F. 603 p.
- Tosquy, V. O. H., A. Palafox C., M. Sierra M., A. Zambada M., R. Martínez M. y G. Granados R. 2005. Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):7-12.
- Tosquy, V. O. H., M. Sierra M., F. A. Rodríguez M., R. A. Castillo G., J. Ortiz C., C. A. Tinoco A. *et al.* 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruza doble H-512 en el estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6:93-97.
- Vega, V. D. D. y P. Ramírez M. 2004. Situación y perspectivas de maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 56 p.
- Velásquez, C. G. A. 2007. Cultivo de maíz en la Mesa Central de México. *Agro-síntesis* (México) 4:8-9.





POTENCIAL PRODUCTIVO Y DINÁMICA DE TALLOS DE DOS BRACHIARIAS A EIDADES DE REBROTE EN OTOÑO

Claudia Carreón Corral⁵³, José Manuel Castro Salas⁵³, Cesario Catalán Heverástico⁵³, Francisca Avilés Nova⁵⁴, Alejandro Sotelo Aguilar^{53*} y Daniel Hernández Valenzuela⁵³

Resumen

La estacionalidad y la frecuencia de cosecha tienen un efecto en la tasa de rebrote en los pastos y pueden disminuir el porcentaje de senescencia y descomposición del forraje, por lo tanto, influyen en el rendimiento, calidad y la persistencia de la pradera. El objetivo fue evaluar en el Campus Tuxpan de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de Iguala, Gro., el potencial productivo y dinámica de tallos de los ecotipos Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf cv. Insurgente) y Mulato (*Brachiaria* híbrido Cv. Mulato II) en tres periodos de corte (21, 42, y 63 días) en otoño. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de forraje (kg materia seca/ha), producción de componentes morfológicos (hoja y tallo), relación hoja:tallo (H:T), densidad poblacional (DPT), tasa de aparición de tallos (TAT), tasa de muerte de tallos (TMT), tasa de sobrevivencia de tallos (TST) e índice de estabilidad de tallos (IET). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial (Factor 1: Brachiarias, Factor 2: periodos de corte). Los datos se analizaron con el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS[®] versión 9.2 para Windows[®]. La comparación de medias se realizó con la prueba de “t” de “Student” (P<0.05). La producción total de materia seca (MS) (4,392.7 kg/ha), la de hoja (3,084.8 kg MS/ha), la tasa de crecimiento (209.17 kg MS/ha) y la relación hoja tallo (4.2943 kg MS/kg) fueron afectados por los periodos de corte (P<0001) y por los ecotipos, el Mulato presentó los valores más altos. La mayor producción de hoja, tallo y total de materia seca se presentó en el tercer periodo de corte y de igual forma la tasa de crecimiento. En la dinámica de tallos, los ecotipos no

⁵³ Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Autónoma de Guerrero.
*jmcasalas@yahoo.com.mx

⁵⁴ Centro Universitario UAEM-Temascaltepec Universidad Autónoma del Estado de México.





presentaron diferencias, los periodos de corte si afectaron a la TAT (81.87 tallos/m²) y al IET (1.79), en los que el periodo de corte 1 presentó los valores más altos.

Palabras clave: *Brachiaria*, dinámica de tallos, componente morfológico.

Introducción

En los países en desarrollo, la ganadería y la agricultura deben someterse a una transformación importante para responder a los retos relacionados con la seguridad alimentaria y la respuesta al cambio climático. Las proyecciones basadas en el crecimiento de la población y los esquemas de consumo alimentario indican que el cambio climático reducirá, con toda probabilidad, la productividad, la estabilidad de la producción y los ingresos agrícolas en algunas zonas que ya tienen niveles altos de inseguridad alimentaria. Por lo tanto, desarrollar una ganadería y agricultura climáticamente inteligentes es crucial para lograr las metas de seguridad alimentaria y de cambio climático (FAO y GIZ, 2012). La frecuencia e intensidad de cosecha determinan la producción y el grado de persistencia de los forrajes en las praderas, el efecto en la producción de forraje se asocia al balance entre tasas de aparición y las tasas de muerte de tallos. En el trópico los forrajes son la principal fuente de alimento para rumiantes y representan un gran potencial para producir carne y leche (Mena *et al.*, 2007). Sin embargo, las condiciones ambientales adversas que inhiben el desarrollo de las plantas, limitan la producción de pastos y en consecuencia la producción animal, que generalmente ocurren en los periodos de escasa precipitación, y propician un reducido suministro de forraje, lo cual produce una deficiente respuesta animal en términos productivos de carne y leche (Razz *et al.*, 2004). Ramírez *et al.* (2011) argumentan que la persistencia de las praderas depende de la capacidad de las plantas para renovar los tallos muertos. Paiva (2013) indica que para tener persistencia en una planta es necesario mantener un equilibrio dinámico y armónico entre los procesos de muerte y aparición de tallos. Sbrissia *et al.* (2010) manifiestan que el balance entre la aparición y muerte de tallos es extremadamente dependiente del método de defoliación usado y lo determina el índice de área laminar, el cual es el factor gobernante de la producción de tallos.





Según Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011), la época del año es el principal factor que afecta la calidad nutritiva del forraje, sobre todo en la temporada de lluvias, debido a la alta producción de forraje y al aumento en el contenido de pared celular, con lo que disminuye el contenido de proteína y la digestibilidad de la pared celular. Giacomini (2007) argumenta que la estabilidad poblacional de la planta garantiza su persistencia en el área y en épocas con deficiencia hídrica y/o con bajas temperaturas. El objetivo del estudio fue evaluar el potencial productivo de materia seca y la dinámica de tallos de dos ecotipos del género *Brachiaria*, (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf. Cv Insurgente y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II) a diferentes edades de corte en la estación de otoño en Tuxpan, municipio de Iguala, Gro., México.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en otoño de 2016 en una pradera de pasto Insurgente y Mulato II, ubicado en los terrenos del Campus Tuxpan de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, de la Universidad Autónoma de Guerrero, localizada en el km 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan, sus coordenadas son 18°20'57" N y 99°28'43" O y una altitud de 757 m. La región pertenece al clima Awo (w) (i') g, es decir el más seco de los cálidos sub-húmedos, con una precipitación pluvial media anual de 977 mm; una temperatura media anual de 25.7°C, suelos poco profundos, un pH medianamente alcalino, fertilidad natural baja y un contenido de materia orgánica pobre; esta última propiedad ocasiona una baja retención de humedad. Los ecotipos se sembraron de manera manual en junio de 2014, la densidad de siembra fue de 5 kg/ha, con separación de 50 cm entre surcos y plantas. Se fertilizó con 100 kg de N/ha y 50 kg de P/ha. Los tratamientos consistieron en tres edades de rebrote o periodos de corte (PC): 21, 42, y 63 días. El tamaño de la unidad experimental fue de 4 x 10 m (40 m²), con cuatro repeticiones.

Variables medidas. En las unidades experimentales, en cada edad de rebrote y en los dos ecotipos, se evaluaron las variables: peso de materia seca de hoja (kg MS/ha), peso de materia seca de tallo (kg MS/ha), peso de materia seca de material muerto (kg MS/ha), peso





de materia seca total (kg MS/ha); con los resultados obtenidos en las variables anteriores se calculó la H:T (kg MS/kg), relación hoja no hoja (H:NH en kg MS/kg) y la tasa de crecimiento (TC en kg MS/ha). Antes de iniciar el análisis de crecimiento, en los dos ecotipos se realizó un corte de uniformidad y posteriormente en los PC 1 (21 días), PC 2 (42 días) y PC 3 (63 días) se determinó el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos. La cantidad de hoja y tallo (kg MS/ha) se obtuvieron tomando una muestra de la parte central de cada unidad experimental utilizando un cuadrante metálico de 1 m², dentro del cual, se cortó el forraje con tijeras de podar a una altura de 15 cm del nivel del suelo. El forraje cosechado se pesó y se tomó una submuestra de 250 g, de la cual se separó manualmente cada componente morfológico (hoja, tallo y material muerto), los cuales se secaron en una estufa de aire forzado a 70°C, hasta peso constante, para determinar el rendimiento de materia seca total y el rendimiento del componente morfológico (kg MS/ha). El diseño utilizado en el análisis de datos de las variables rendimiento total y rendimiento por componentes botánicos fue el de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial (Factor 1: dos brachiarias, Factor 2: tres periodos de corte). Los datos se analizaron con el procedimiento ANOVA del paquete estadístico SAS[®] versión 9.2 para Windows[®]. La comparación de medias se realizó con la prueba de “t” de “Student” (P<0.05).

Resultados y discusión

Producción de materia seca. La producción total de materia seca (Cuadro 1), hoja, la tasa de crecimiento y la H:T registraron diferencias altamente significativas (P<0001) en los diferentes periodos de corte y ecotipos con 4,392.7 kg MS/ha, 3,084.8 kg MS de hoja/ha, 209.17 Kg MS/ha y 4.2943 Kg MS/kg respectivamente; el Mulato fue el ecotipo que presentó los valores más altos en estas variables (Cuadro 2).

La mayor producción de hoja, tallo y total de materia seca se presentó en el tercer periodo de corte; lo mismo sucedió con la tasa de crecimiento (Figura 1), autores como Alexandrino *et al.* (2004) mencionan que la baja producción de materia seca para los diferentes componentes morfológicos puede ser el resultado de una baja disponibilidad de agua, luz y temperatura que prevalecen en esta época del año. La H:T no presentó variación en los





periodos de corte (Figura 1), por el contrario, la relación H:NH mostró diferencias significativas, debido a esto se aprecia que existe cierta tendencia a disminuir estas relaciones conforme aumenta la edad de periodos de corte, traduciéndose en disminución de hojas con aumento de tallos. La materia seca producida por la hoja (Cuadro 1) fue afectada por los ecotipos ($P < 0.0013$) y por los periodos de corte (PC) ($P < 0.0001$); sin embargo, la interacción de ambos no presentó diferencia significativa; lo anterior se corrobora en el Cuadro 2 donde se aprecia que el Mulato fue el ecotipo que obtuvo el mayor rendimiento de hoja (3,084.8 kg/ha). Por otra parte, en la Figura 1 se aprecia que a medida que aumentó el número de PC, también aumentó la producción de materia seca de hoja (847.7, 2,521.9 y 3,850.6 kg/ha), respectivamente. Estos resultados son mayores a los obtenidos por Castro (2014) en un experimento realizado en sequía (2,400 kg de hoja/ha) y menor al obtenido en época de lluvias (4,200 kg de hoja/ha). Las medias de la MS de tallos (Cuadro 1) producida por los ecotipos no registraron significancia estadística; sin embargo, los PC ($P < 0.0001$) y la interacción de éste con los ecotipos ($P = 0.0027$) sí presentaron efectos en la producción de tallos.

Dinámica de tallos. La producción de tallos es representada por las variables densidad de población (DP), TAT, TMT, TST y el IET (Cuadro 1), los resultados del análisis de varianza para las variables anteriores demuestran que los ecotipos y la interacción ecotipo-periodo de corte no registraron significancia a un $\alpha = 0.05$; sólo la TAT y el IET presentaron diferencias altamente significativas en los tres PC.

Cuadro 1. Fuentes de variación, significancia experimental, coeficiente de determinación y coeficiente de variación de las variables de estudio obtenidas en campo.

Variable de estudio	Fuentes de variación	Significancia experimental	Coeficiente de determinación	Coeficiente de variación
Hoja	Ecotipo	0.0013*	0.9164	26.5149
	PC	<.0001**		
	Ecotipo-PC	0.1572		
Tallo	Ecotipo	0.4218	0.8992	27.4947
	PC	<.0001**		
	Ecotipo-PC	0.0027*		





Continúa Cuadro 1...

	Ecotipo	0.0946		
Material muerto	PC	0.2553	0.7871	60.7676
	Ecotipo-PC	0.0997		
	Ecotipo	0.0066*		
Total	PC	<.0001**	0.9015	24.6127
	Ecotipo-PC	0.4273		
	Ecotipo	0.0239*		
H:T	PC	0.1037	0.8079	24.9571
	Ecotipo-PC	0.0017*		
	Ecotipo	0.6268		
H:NH	PC	0.0252*	0.7458	37.2929
	Ecotipo-PC	0.0109*		
	Ecotipo	0.0066*		
Tasa de crecimiento	PC	<.0001**	0.9015	24.6128
	Ecotipo-PC	0.4273		
	Ecotipo	0.0773NS		
Densidad de población	PC	0.2478NS	0.9139	9.1430
	Ecotipo-PC	0.1071NS		
	Ecotipo	0.6694NS		
Tasa de aparición de tallos	PC	0.0005**	0.7528	77.3142
	Ecotipo-PC	0.4811NS		
	Ecotipo	0.9099NS		
Tasa de muerte de tallos	PC	0.0862NS	0.5558	118.6994
	Ecotipo-PC	0.1191NS		
	Ecotipo	0.9099NS		
Tasa de sobrevivencia de tallos	PC	0.0862NS	0.5558	10.1979
	Ecotipo-PC	0.1191NS		
	Ecotipo	0.7528NS		
Índice de estabilidad de tallos	PC	0.0003**	0.7869	22.9570
	Ecotipo-PC	0.2469NS		

H:T = Relación hoja tallo. H:NH = Relación hoja no hoja PC = Periodo de Corte. * = significativo, ** = altamente significativo.





Cuadro 2. Medias de ecotipos obtenidas de las variables de estudio.

ECO	Hoja	Tallo	MM	Total	H:T	H:NH	TC
Mulato	3,084.8a	684.45a	623.4a	4392.7a	4.2943a	2.4914a	209.17a
Insurgentes	1,728.6b	735.46a	167.0a	2631.1b	2.8189b	2.1904a	125.29b

Diferente literal en cada columna de cada variable, indican diferencias ($P < 0.05$). H:T = Relación hoja tallo, H:NH = Relación hoja no hoja, TC = Tasa de Crecimiento, MM = Material muerto

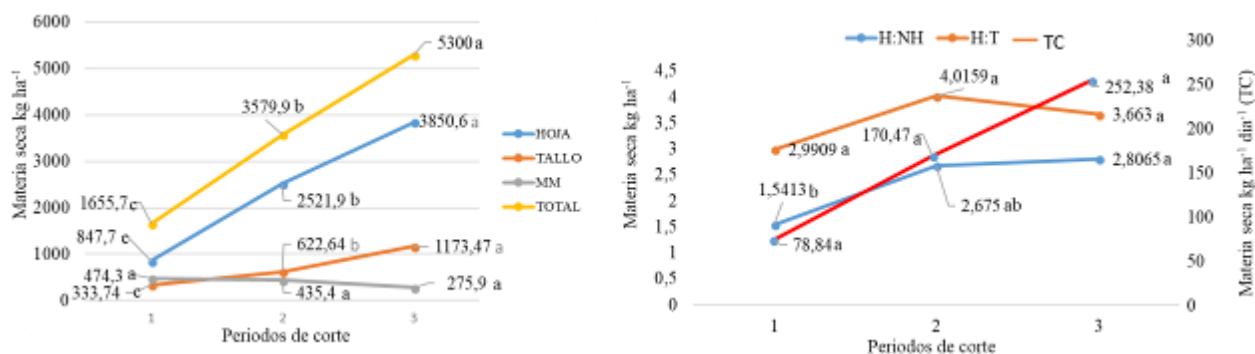


Figura 1. Medias de variables de estudio obtenidas en tres periodos de corte de los ecotipos, mulato II e insurgente. Diferente literal, en cada columna de cada variable, indican diferencias ($P < 0.05$). H:T = Relación hoja tallo, H:NH = Relación hoja no hoja, TC = Tasa de Crecimiento, MM = Material muerto.

Las medias producidas por los PC en las variables TAT (Cuadro 3) indica que el PC1 fue el que presentó mayor cantidad de tallos/m², el IET con valor más alto también se presentó en el PC1; Hernández *et al.* (2002) indican que una alta temperatura ambiental y mayor largo de fotoperiodo favorecen el crecimiento y maduración de tallos de algunas gramíneas tropicales, lo que podría explicar el mayor aporte de tallos en el PC1 en comparación con los PC2 y 3, la ausencia de precipitación aunado con la disminución de humedad, evidencia la capacidad de producción de tallos y la recuperación del forraje cuando las condiciones favorables de temperatura y precipitación son restablecidas (Caminha *et al.*, 2010). Los altos IET en las edades de los PC analizados en este estudio significa que existe una situación de estabilidad y persistencia de la pradera debido al incremento en la población de tallos. Índices de estabilidad cercanos a 1 y similares a este trabajo se han reportado en tallos del pasto Guinea cv. Mombaza, donde los valores tuvieron poca variación, con tendencia a un ligero aumento en las lluvias, una reducción en el invierno/primavera y una estabilización del IET a 1.0 en el verano (Montagner *et al.*, 2012). Resultados similares reportan Zanine *et al.* (2013) en *Panicum maximum* cv. Tanzania, en el cual el IET alcanzó un pico en el verano (> 2.0),





indicando un incremento en la densidad poblacional de tallos, marcado por una mayor tasa de aparición y muerte de tallos que indica una elevada capacidad de renovación de los tallos sin comprometer su estabilidad.

Cuadro 3. Tasa de aparición de tallos (tallos/m²) e índice de estabilidad de tallos para tres períodos de corte y dos ecotipos del género *Brachiaria* en Tuxpan, Guerrero.

Periodos de corte	Tasa de aparición de tallos (tallos/m ²)	Índice de estabilidad de tallos
1	81.87a	1.7913a
2	17.82b	1.0350b
3	10.68b	1.0413b

Diferente literal, en cada columna de cada variable, indican diferencias (P<0.05).

Conclusiones

1. El ecotipo Mulato superó al ecotipo Insurgente en la producción de materia seca, debido a que la aportación de hoja y total de materia seca es aproximadamente el doble. 2. El ecotipo Insurgente, aportó mayor cantidad de materia seca de tallo que el Mulato. 3. El aporte de materia seca (hoja, tallo, total y tasa de crecimiento) aumentó, a medida que es mayor el número de días de los cortes. 4. La relación hoja-tallo y la relación hoja-no hoja disminuyó a partir del periodo de corte 2 (42 días después del corte de uniformidad). 5. Bajo las condiciones en que se realizó el experimento se concluye que no existe riesgo o tendencia a la desaparición de la pradera formada por los ecotipos estudiados, ya que en todos los periodos de corte existió un índice de estabilidad de tallos aceptable (>1.0).

Literatura citada

Alexandrino, E., D. Nascimento J., R. Mosquim P., A. Regazzi J e F. Cipriano R. 2004. Características morfogênicas e estruturais na rebrotaç o da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a tr s doses de nitrog nio. Revista Bras. Zootec. 33(6):1372-1379.





- Caminha, F. O., C. Da Silva S., J. Paiva A., E. T. Pereira L., P. Mesquita y A. Guarda V. 2010. Estabilidad da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. *Pesq. Agropec. Bras.* 45(2):213-220.
- Castro, S. J., M., 2014. Introducción de genotipos forrajeros en el sur del estado de México: análisis de crecimiento, composición química y valor nutritivo. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México. 218 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2012. Herramientas para la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario. Resultados del taller práctico. 89 p. <http://www.fao.org/3/a-i3003s.pdf> [consultado en agosto de 2018].
- Giacomini, A. A. 2007. Demografia do perfilhamento e producao de forragem em pastos capim-marandu submetidos a regímenes de lotacao intermitente por bovinos de corte. Tesis de doctorado. Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil. 175 p.
- Hernández, G. A., P. A. Martínez H., M. Mena U., J. Pérez P. y J. F. Enríquez Q. 2002. Dinámica del rebrote de pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hoschst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvias. *Téc. Pecu. Mex.* 40(2):193-205.
- Jarillo, R. J., E. Castillo G., A. F. Flores G., B. Valles de la M., L. Ramírez, L. Avilés *et al.* 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13:417-427.
- Mena, U. M. A., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., J. Pérez P., J. L. Zaragoza R., M. E. Velasco Z. y J. Avellaneda C. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, en pastoreo, sobre pasto Insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia* 41(1):1-12.
- Montagner, D. B., N. Junior D., H. Vilela H., M. L. Sousa B., P. B. Euclides V., C. Da Silva S. *et al.* 2012. Tilling dynamics in pastures of Guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. *Rev. Bras. Zootec.* 41(3):544-549.





- Paiva, A. J. 2013. Dinámica de população de perfilhos e de touceiras em capim-elefante cv. Napier submetido a estrategias de pastejo rotativo. Tesis de doctorado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Quiroz". Piracicaba, Brasil. 119 p.
- Ramírez, R. O., C. Da Silva S., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., J. Pérez P., A. R. Quero C. y J. G. Herrera H. 2011. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. 'Mombaza' cosechado en diferentes intervalos de corte. Rev. Fitotec. Mex. 34(3):213-220.
- Razz, R., T. Clavero, J. Combellas y T. Ruíz. 2004. Respuesta productiva y reproductiva de vacas doble propósito suplementadas con concentrado pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. Revista Científica. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95914607>
- SAS (Statistical Analysis Software). SAS User's Guide: Statistic (Version 9.2) 2008. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Sbrissia, A. F., Da Silva S. C., D. O. L. Sarmiento, L. K. Molan, F. M. E. Andrade F., A. C. Goncalves A. *et al.* 2010. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. Plant Ecol. (206):349-359.
- Zanine, A. M., N. Júnior D., M. L. Sousa B., C. T. Silveira M., L. Silva W. and E. R. Santos M. 2013. Tillering dynamics in Guinea grass pastures subjected to management strategies under rotational grazing. Rev. Bras. Zootec. 42(3):155-161.





EFECTO DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Posidonia oceanica* COMO BIOESTIMULANTE SOBRE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL PEPINO Y TOMATE

Alma X. Ibarra Gómez^{*55}, Sonia de J. Morales Colina⁵⁶, Patricia Aguilar Sánchez⁵⁷ y Antonio Sánchez
Sánchez⁵⁶

Resumen

Se utilizó un extracto acuoso de *Posidonia oceanica* para determinar su efecto sobre la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas de tomate y pepino para determinar el uso potencial de los extractos acuosos como bioestimulantes para la agricultura. Se estudió el extracto acuoso concentrado y un extracto acuoso diluido, se midió el efecto de los extractos de agua de estiércol sobre la germinación de la semilla y el crecimiento de la raíz primaria de las dos especies. La germinación relativa de las semillas (GR), el crecimiento relativo de raíces (CR) y el índice de germinación (IG), el crecimiento residual (CR) y la elongación residual (ER), fueron medidos en ambas concentraciones y se relacionaron con diferentes características del extracto acuoso como conductividad eléctrica, pH, metales pesados y metabolitos secundarios. El ensayo de germinación tuvo como resultado un mejor desarrollo en la germinación y el desarrollo de raíces y tallos usando una dilución 1:1 del extracto acuoso. Se concluye que el extracto acuoso de *P. oceanica* tiene un gran potencial como materia prima renovable para su uso en actividades agrícolas.

Palabras clave: agricultura sostenible, abono orgánico, prueba de germinación

Introducción

En los últimos años, la agricultura sostenible se ha vuelto cada vez más importante, paralelamente al crecimiento de la concienciación sobre la salud ambiental. Existe una

⁵⁵ Campo Experimental La Posta. INIFAP. *ibarra.alma@inifap.gob.mx

⁵⁶ Universidad de Alicante

⁵⁷ Campo Experimental San Martinito INIFAP





tendencia hacia el uso de productos de fuentes orgánicas en oposición a los obtenidos sintéticamente; bajo este argumento, el uso de fertilizantes orgánicos, bioestimulantes, y compuestos bioactivos son parte de la tendencia.

La agricultura orgánica se refiere a la agricultura de cultivos o ganado sin el uso de insumos sintéticos, incluidos los fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores del crecimiento de las plantas, nanomateriales y organismos genéticamente modificados (OGM) (USDA, 2015). Los fertilizantes orgánicos son una herramienta para proporcionar no sólo nutrientes al suelo, sino también para aumentar la fertilidad del suelo al mejorar su estructura y la capacidad de retención de agua. Los fertilizantes orgánicos varían mucho según los materiales de origen, pero aparte del carbono, contienen cantidades variables de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, hay otras sustancias que pueden complementar sus funciones (Green, 2015) como los metabolitos secundarios que son los fitoquímicos más valiosos del metabolismo secundario de las plantas. Generalmente se definen como pequeñas moléculas orgánicas producidas por un organismo que no son esenciales para su crecimiento, desarrollo y reproducción.

Las plantas que crecen en ambientes marinos, contienen varios compuestos en su metabolismo secundario que difieren de las plantas terrestres y de otros grupos taxonómicos. Algunos de estos compuestos son interesantes para fines comerciales y se pueden usar como fuente de ingredientes funcionales tales como, prácticas farmacéuticas, salud, agricultura moderna, etc. Los terpenoides se han utilizado en aplicaciones agrícolas que van desde la búsqueda de métodos sostenibles para el control de plagas hasta la reducción de sabores y fragancias. El fenol en sí mismo es un estándar para otros agentes antimicrobianos y flavonoides. Se ha informado que estos metabolitos actúan como agentes antialérgicos, anticancerígenos, antioxidantes, antiinflamatorios y antivirales. Los taninos se usan como astringentes, diuréticos y antiinflamatorios. Las saponinas se han utilizado para la biorremediación del suelo por su capacidad antimicrobiana y antioxidante (Kabera *et al.*, 2014). La aplicación de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en agronomía es una tecnología muy prometedora, los resultados en su aplicación práctica son favorables, además de ser amigables con el ambiente, ya que no contaminan ni son residuales, sin embargo, se desconocen muchos aspectos para obtener mejores beneficios.

P. oceanica es la especie endémica más importante de pastos marinos del mar Mediterráneo. En las regiones mediterráneas, los residuos varados de esta planta marina se





pueden utilizar como medios de mantillo y el compost resultante podría ser una alternativa a los fertilizantes convencionales (Grassi *et al.*, 2015). Coccozza *et al.* (2011), caracterizaron los diferentes desechos de pozos emitidos en la playa desde un punto de vista químico, físico y espectroscópico con el fin de rediseñar su utilización directa e indirecta en la agricultura. Befard y Alhour (2014) determinaron la composición química de *P. oceanica* de pastos marinos utilizando varios solventes químicos y determinaron la actividad antibacteriana de los extractos. Berfad *et al.* (2015) realizaron pruebas fitoquímicas y la actividad antifúngica del extracto acuoso de *P. oceanica*. Por lo que se sabe, hay muy pocos informes disponibles sobre el uso del extracto acuoso de *P. oceanica* como fertilizante orgánico. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el extracto acuoso de *P. oceanica* como materia prima renovable para su uso en prácticas agronómicas.

Materiales y métodos

Se probó un extracto acuso obtenido de la planta marina *P. oceanica*, sobre la germinación de la semilla de pepino y tomate. La materia prima a evaluar de *P. oceanica* fue recolectada en la costa de la ciudad de Santa Pola, España; el material fue acumulado en condiciones ambientales durante unos cinco años en la planta de tratamiento de residuos Urbaser, ubicada en las coordenadas 38°13'18.0" LN y 0°33'28.3" LW. Los lotes de *P. oceanica* que se utilizaron en este trabajo se tomaron de varios puntos de esta zona de acumulación y se transportaron al laboratorio. Del total de la muestra colectada se tomó una submuestra y se lavó con agua del grifo con el fin de eliminar la sal. Después de esto, se lavó nuevamente con agua destilada y se secó en un horno a 55°C hasta obtener peso constante. Una vez seca, se tamizó mediante diferentes tamaños de poro (2.0 mm a 0.05 mm), prestando atención para retirar los materiales inorgánicos junto con los residuos vegetales. Finalmente, la muestra se trituró con una mezcladora eléctrica hasta tener gránulos muy finos. Con un equipo Shoxtle se realizó una extracción líquida. Se utilizaron 4 g de muestra molida de *P. oceanica* y 100 mL de agua destilada; el proceso se mantuvo durante 12 h a 64°C. Los extractos obtenidos fueron utilizados para evaluar el efecto sobre la germinación.





Para el ensayo de germinación de semillas de pepino y tomate se utilizaron las variedades Marketmore 76 y Seny F1, respectivamente. Se usaron nueve cajas de Petri para cada especie, donde se colocaron 10 semillas en un papel de filtro Whatman. Se utilizó 1.2 mL del extracto acuoso en dos concentraciones diferentes: extracto acuso concentrado y extracto acuso diluido en agua destilada (relación 1:1). Se preparó una muestra de control en las mismas condiciones usando agua destilada como extracto. Cada dos días las semillas se regaron con el extracto correspondiente. Las cajas de Petri se incubaron en una cámara de crecimiento a 25°C y 44% de humedad relativa. A las 24, 48 y 72 h después del comienzo de la incubación, el porcentaje de germinación se puso por escrito. Después del tiempo de exposición, se contó el número de semillas germinadas, considerando aquellas con una longitud de raíz mayor de 1 mm. Los porcentajes de GR, CR y el IG después de la exposición al extracto se calcularon mediante las siguientes ecuaciones (Hoekstra *et al.*, 2002):

$$GR(\%) = \frac{\text{número de semillas germinadas con el extracto acuoso}}{\text{número de semillas germinadas en control}} \times 100$$

$$CR(\%) = \frac{\text{longitud media de la raíz en extracto acuoso}}{\text{longitud de raíz media en control}} \times 100$$

$$GI(\%) = \frac{GR \times CR}{100}$$

Además, se calculó el índice de porcentaje de germinación residual normalizada (GRN) y la ER mediante la siguiente ecuación:

$$GRN = \frac{Germ X - Germ (control)}{Germ (control)}$$

Donde, *Germ X* es el porcentaje promedio de semillas germinadas en extracto acuoso y *Germ (control)* es el porcentaje de semillas germinadas con el control.

$$ER = \frac{Elong X - Elong (control)}{Elong (control)}$$

Elong X, es la longitud promedio de la radícula de las semillas germinadas con el extracto acuoso y *Elong (control)* es la longitud promedio de la radícula de las semillas germinadas en el control.





Ambos índices GRN y ER establecen valores de toxicidad de -1 a >0 en las siguientes categorías: índice 0 a -0.25 baja toxicidad, -0.25 a 0.5 moderada toxicidad, -0.5 a -0.75 muy tóxica y -0.75 a -1.0, muy alta toxicidad.

Los datos fueron analizados usando el software SPSS 20.0. Se realizó un ANOVA de un factor para comparar los resultados medios para diferentes tratamientos, con valores significativos a una $p < 0.05$ entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Este simple bioensayo se incluyó para determinar la influencia de dos concentraciones diferentes de extracto acuoso de *P. oceanica* en la germinación de plantas de pepino (mediana tolerancia a la sal) y de tomate (tolerantes a la sal). El Cuadro 1 muestra los resultados obtenidos en el experimento cuando el ensayo de germinación se completó después de 120 y 144 h para el pepino y tomate, respectivamente. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables analizadas. En el ensayo de pepino la longitud de la raíz fue más larga y mostró una diferencia estadística entre el control y los extractos de *P. oceanica*. Sin embargo, la longitud del tallo tuvo un mejor desarrollo con extracto acuoso. En este caso la GRS representa el porcentaje de semillas germinadas, que, en ambos casos, no fueron estadísticamente significativas respecto del control. El porcentaje de crecimiento de la raíz (RRG) fue mayor cuando se usó el extracto acuoso diluido. Los valores de NRG indican la presencia de un gradiente de baja toxicidad (de 0 a -0.25) en ambos extractos de *P. oceanica*. Los valores de RER indican una estimulación del crecimiento de la radícula de los extractos de *P. oceanica*, aunque el porcentaje en el extracto acuoso diluido es más alto. En el caso de la germinación del tomate, el desarrollo de las raíces con extracto acuoso diluido fue notable. La longitud del tallo también fue más larga en el extracto acuoso diluido y, el GRS en extracto concentrado y diluido fueron los mismos. Por otro lado, los valores RRG fueron mayores en la muestra diluida, mostrando diferencias significativas respecto al extracto concentrado. El gradiente de toxicidad en ambos casos fue muy bajo, ya que ninguno excede el valor máximo de -0.25. El



radical de elongación residual (RER) fue positivo, sin embargo, en la muestra diluida, tiene una respuesta superior que en la muestra concentrada.

Cuadro 1. Efecto de la concentración de extracto acuoso en la germinación de pepino y tomate.

	Pepino 120 h			Tomate 144 h		
	Control	Concentrado	Diluido	Control	Concentrado	Diluido
LR (cm)	3.8 ±0.3a	2.3±0.5c	2.7±0.5b	5.2±0.5c	6.7±0.6b	7.9±0.9a
LT (cm)	1.8±0.3c	3.3±0.6b	5.8±0.3a	3.3±0.5b	3.6±0.4b	4.5±0.6a
GR (%)	100.0±1.0a	94±6a	95±5a	100±1a	97±6a	97±6a
CR (%)	100.0±1.0b	110±11b	125±3a	100±1c	159±8b	238±12a
GI (%)	100.0±1.0b	103±4b	120±4a	100±1c	61±2b	229±7a
GRN	0±1	-0.06±0.05a	-0.05±0.05a	0±1	-0.03±0.05a	-0.03±0.05a
ER	0±1	0.17±0.01b	0.26±0.02a	0±1	0.8±0.3b	1.8±0.3a

Medios ± valores de desviación estándar. Los valores medios seguidos por la misma letra en la misma línea no difieren significativamente ($p < 0.05$) usando el análisis de varianza (ANOVA un factor). RL: longitud de la raíz; LT: longitud del tallo; CR: crecimiento relativo de la raíz; GR: porcentajes de germinación relativa de la semilla; IG: índice de germinación, GRN; germinación residual normalizada; ER: radical de elongación residual.

La Figura 1 (a), muestra que, en el caso de la planta de pepino, las tres concentraciones utilizadas tuvieron un comportamiento similar en el desarrollo de la raíz en las primeras 48 h, luego, a partir de las 72 h se puede observar la variación del crecimiento, dando una mejor respuesta con el extracto acuoso diluido. Al final del experimento, se observó que las raíces, en el caso del control, fueron ligeramente mayores que el extracto acuoso diluido, mientras que el extracto acuoso concentrado el desarrollo de la raíz fue menor que los otros dos casos. En la Figura 1 (c), se puede ver que la diferencia principal está en el crecimiento del tallo de la planta. El desarrollo que se obtuvo en el caso del control fue casi la mitad en comparación con el obtenido con el extracto acuoso diluido. El extracto acuoso concentrado logró un buen desarrollo del tallo, sin embargo, fue mucho menor que en el extracto diluido. En el caso de la semilla de tomate, la germinación y el crecimiento de la planta fueron diferentes. En la Figura 1 (b), se puede ver que el comportamiento de los tres tratamientos es similar, donde hay un crecimiento gradual de las raíces. Después de 72 h, comienzan a desarrollarse las plantas tratadas con todo el extracto acuoso. Sin embargo, después de 96 h es más notable el desarrollo de las raíces con extracto acuoso diluido. Al final del experimento (144 h) se observó que las raíces del extracto acuoso diluido están más



desarrolladas, en comparación con la raíz tratada con el extracto acuoso concentrado y el control (agua destilada). Además, el desarrollo de los tallos fue gradualmente del mismo modo que en el caso de las raíces. La Figura 1 (d) muestra que los tallos tuvieron un crecimiento entre 3.0 - 4.5 cm, el mayor desarrollo se obtuvo en las plantas tratados con el extracto acuoso diluido y, con un menor tamaño, en medida similar los tallos tratados con el control y la concentración acuosa concentrada.

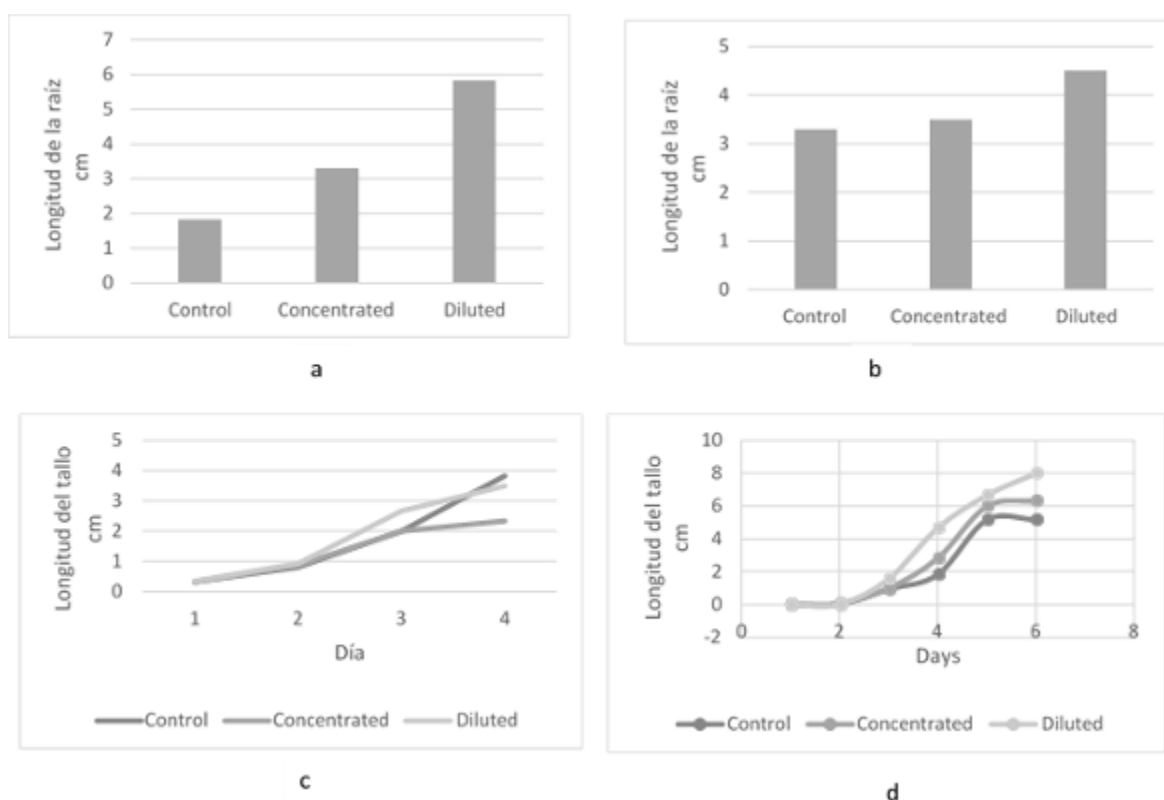


Figura 1. Efecto de la concentración del extracto sobre la longitud del tallo y la longitud de la raíz en pepino (a y c) y tomate (b y d).

Por otra parte, las plantas de pepino y tomate tuvieron un mejor desarrollo con el extracto acuoso diluido de *P. oceanica*. Sin embargo, en el caso del pepino la germinación se inhibió parcialmente debido a que no hubo una buena evolución en sus raíces; en el tomate, cuando se utilizó el extracto acuoso concentrado, se observó un efecto de necrosis en la punta de la raíz al final del tratamiento. Este efecto inhibitorio observado en las dos especies se puede atribuir a la conductividad eléctrica, ya que tanto la planta de pepino como la de tomate tienen una tolerancia a la salinidad de 2.5 ms/cm y los valores obtenidos para el extracto



acuoso concentrado fluctuaron aproximadamente a 4,64 ms/cm. De hecho, el bajo desarrollo de la raíz en el caso del pepino podría contribuir a un efecto fitotóxico que puede estar presente en el extracto acuoso; en un estudio previo se obtuvo que el extracto acuoso es rico en flavonoides y que éstos afectan negativamente el crecimiento y la estructura de la raíz (Ribeiro *et al.*, 2015). Cualquier efecto tóxico debido a la presencia de metales pesados no puede ser relacionado negativamente con la germinación de las plantas porque los valores obtenidos previamente de estos son bajos. Así bien, tampoco se puede atribuir a los niveles de pH, ya que el extracto acuoso presentó un valor neutro (7.1) y los tomates y pepinos crecen mejor en suelos ligeramente ácidos con pH entre 6.0 a 7.0 y 6.0 a 6.8, respectivamente.

Conclusiones

1. El extracto acuoso actuó de forma positiva en la germinación de las semillas, los mejores resultados se obtuvieron con el extracto acuoso diluido. 2. El extracto acuoso de *P. oceanica* tiene propiedades fisicoquímicas que indican su potencial uso en la agricultura, además contiene algunos metabolitos secundarios y elementos esenciales para las plantas, por lo que tiene potencial como bioestimulante. Esta capacidad se demostró en la prueba de germinación de tomate con el extracto acuoso diluido de *P. oceanica*.

Literatura citada

- Berfad, M. A. and M. S. Alhour, T. 2014. Phytochemical analysis and antibacterial activity of the 5 different extract from the seagrasses *Posidonia oceanica*. *Journal of Medicinal Plants Studies* 2(4):15-18.
- Berfad, M. A., M. A. Saed F., A. Kumar and S. Edrah. 2015. Preliminary phytochemical and antifungal studies of sea grass, *Posidonia oceanica* obtained from Mediterranean Sea of Libya. *International Journal of Science and Research* 4(5):30-33.





- Cocozza, C., A. Parente, C. Zaccone, P. S. Mininni and T. Miano. 2011. Chemical, physical and spectroscopic characterization of *Posidonia oceanica* (L.) Del. residues and their possible recycle. *Biomass and Bioenergy* 35(2):799-807.
- Grassi, F., M. Mastroilli, C. Mininni, A. Parente, A. Santino, M. Scarcella and P. Santamaria. 2015. *Posidonia* residues can be used as organic mulch and soil amendment for lettuce and tomato production. *Agron. Sustain. Dev.* 35(2):679-689.
- Green, B. W. 2015. Fertilizers in aquaculture. p. 27-52. *In: Allen, D. D. (ed.). Feed and feeding practices in aquaculture. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: Number 287.*
- Hoekstra, N. J., T. Bosker and E. A. Lantinga. 2002. Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93(1-3):189-196.
- Kabera, J. N., E. Semana, A. R. Mussa and X. He. 2014. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 5(1):377-392.
- Ribeiro, R. C., R. B. Braga F., H. R. Pinto L. and M. G. Carvalho. 2015. Phytotoxic effects of phenolic compounds on *Calopogonium mucunoides* (Fabaceae) roots. *Australian Journal of Botany* 63(8):679-686.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2015. *Agricultural Statistics Annual*. https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2015/index.php. [consultado en junio de 2018].





CUANTIFICACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN EL EXTRACTO ACUOSO DE *Posidonia oceanica* PARA SU USO COMO ABONO ORGÁNICO

Alma X. Ibarra Gómez^{*58}, Sonia de J. Morales Colina⁵⁹, Patricia Aguilar Sánchez⁶⁰ y Antonio Sánchez Sánchez⁵⁹

Resumen

Las plantas acuáticas son una fuente rica de metabolitos secundarios, tales como alcaloides, saponinas, taninos, antocianos y compuestos fenólicos, los cuales generalmente son producidos por las plantas para sus mecanismos de defensa y actualmente han sido implicados en diversos estudios por sus propiedades y usos en la industria alimenticia, farmacéutica y la agronomía. El objetivo de este estudio fue la cuantificación de metabolitos secundarios que se encuentran dentro de un extracto acuoso de la planta *Posidonia oceanica* para determinar su uso potencial como un abono útil renovable de uso agrícola. La cuantificación de un grupo de fotoquímicos tales como fenoles, flavonoides, saponinas, taninos, antocianinas, proteínas y la capacidad antioxidante se cuantificó mediante diversas técnicas espectrofotométricas. Los análisis cuantitativos del extracto acuoso mostraron niveles cuantificables de todos los metabolitos buscados, se detectaron bajas cantidades de taninos y antocianinas, y, se encontraron buenos niveles de proteína, fenoles, flavonoides y altos niveles de saponinas, junto con una buena capacidad oxidativa del extracto.

Palabras clave: pastos marinos, bioestimulante, alcaloides, saponinas

Introducción

Las plantas son parte de la vida para humanos, animales y también microorganismos. Al igual que las plantas terrestres, los pastos marinos contienen varios compuestos en su

⁵⁸Campo Experimental La Posta. INIFAP. *ibarra.alma@inifap.gob.mx

⁵⁹ ²Universidad de Alicante

⁶⁰ ³Campo Experimental San Martinito. INIFAP.





metabolismo. Algunos de estos compuestos pueden ser de interés comercial (Shitan, 2016). Las propiedades de algunas plantas se basan en los efectos antioxidantes, antimicrobianos y fitoquímicos que hay en ellas. Según la Organización Mundial de la Salud, las plantas pueden ser la mejor fuente para obtener una variedad de compuestos químicos de importancia (Shitan, 2016).

Las plantas tienen dos tipos de metabolitos: uno es primario y el otro secundario. Los metabolitos primarios están directamente involucrados en todos los procesos, mientras que los secundarios no están involucrados directamente y funcionan como biocatalizadores. La mayor parte del carbono, nitrógeno y energía termina en moléculas que son comunes a todas las células y son necesarias para el funcionamiento adecuado de las células y los organismos. Estas moléculas, por ejemplo, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos, se denominan metabolitos primarios. Sin embargo, a diferencia de los animales, la mayoría de las plantas desvía una proporción significativa de carbono y energía asimilados a la síntesis de moléculas orgánicas que pueden no tener un papel obvio en la función celular normal. Estas moléculas se conocen como metabolitos secundarios. Mientras que los metabolitos primarios tienen un papel clave en la supervivencia de la especie, desempeñando una función activa en la fotosíntesis y la respiración, la ausencia de metabolitos secundarios no da como resultado la muerte inmediata, sino el deterioro a largo plazo de la supervivencia del organismo, jugando a menudo un importante papel en la defensa de plantas (Agostini *et al.*, 1998). Los metabolitos secundarios, que son un rasgo característico de las plantas, son especialmente importantes y pueden proteger a las plantas contra una amplia variedad de microorganismos (virus, bacterias, hongos) y herbívoros. Una clasificación simple de metabolitos secundarios incluye grupos principales de árboles: terpenos (como compuestos vegetales volátiles, glucósidos cardíacos, carotenoides y esteroides), fenólicos (como ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos, estilbenos, flavonoides, taninos y lignina) y compuestos que contienen nitrógeno (tales como alcaloides y glucosinolatos) (Agostini *et al.*, 2012).

Todos los metabolitos secundarios tienen funciones específicas, por ejemplo, las saponinas tienen actividad antimicrobiana. Hay evidencias de que la aplicación de aminoácidos mejora sustancialmente el metabolismo del N y del C, disminuyendo el requerimiento de fertilizantes nitrogenados y el impacto ambiental que tiene el uso de este tipo de fertilizantes (Schiavon *et*





al., 2008). Los terpenoides, tienen propiedades antimicrobianas y antivirales. Los fenoles se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y otras propiedades biológicas, y pueden proteger a las plantas contra el estrés oxidativo y algunas enfermedades.

Varias investigaciones fitoquímicas de *Posidonia oceanica*, se han llevado a cabo con diferente enfoque; Agostini *et al.* (1998) identificaron al menos 23 compuestos fenólicos en el pasto marino *Posidonia oceanica*, mientras que Heglmeier y Zidom (2010) publicaron la presencia de un total de 51 productos naturales de *P. oceanica*, incluidos fenoles, derivados del fenilmetano, feniletano y fenilpropano, y sus ésteres, chalkones, flavonoles, 5 α -colestanos y colest-5-enes. El objetivo de este proyecto fue cuantificar los metabolitos secundarios que se encuentran dentro de un extracto acuso de la planta *P. oceanica* para determinar su uso potencial como un abono útil renovable para su uso agrícola.

Materiales y métodos

En pruebas previas se estimó la capacidad antioxidante y la concentración de diferentes metabolitos secundarios (antocianinas, taninos, saponinas, flavonoides, proteínas y fenoles) en la solución acuosa mediante la curva de calibración estándar y el método de espectrofotómetro ultravioleta (UV)/visible.

El contenido de antocianos del extracto acuoso se estimó con un espectrofotómetro de UV mediante el método de pH diferencial (Lee, 2005); este método permite una medición rápida y confiable de antocianinas en matrices de colores, incluso en presencia de pigmentos poliméricos degradados y otros componentes (Puertas, *et al.*, 2013). Para el desarrollo de esta técnica se usaron dos sistemas de tampón: de pH 1.0 (cloruro de potasio, 0.025 M) y de pH 4.5 (acetato de sodio, 0.4 M). La absorbancia se midió a 520 y 700 nm, en un rango de 20 a 50 minutos después de la preparación (Lee, 2005). La concentración de antocianina, se expresó como equivalentes de cianidin-3-glucósido.

El contenido total de flavonoides en los extractos de muestra se estimó mediante el método del cloruro de aluminio registrando la absorbancia a 437 nm después de 30 minutos de





incubación (Khatiwora *et al.*, 2010). Se elaboró una curva estándar de quercetina dentro de un rango de concentración de 10 ppm.

El contenido fenólico total en el extracto acuoso, expresado en mg gálico/kg de *P. oceanica*, se determinó usando el método de Folin-Ciocalteu. Las soluciones se prepararon a una concentración de 0.1 g/mL, la muestra se incubó durante 5 min y se midió la absorbancia a 700 nm. Para este caso se realizó una curva estándar de ácido gálico dentro de un rango de 0 ppm a 10 ppm. (Socha *et al.*, 2009, Alves *et al.*, 2014). Para la cuantificación de proteínas se utilizó el método de Bradford; la absorbancia de la muestra se midió a 596 nm después de 5 min. Las curvas de calibración de patrones se generaron utilizando concentraciones conocidas, para esto se diluyeron 0.1 mg de albúmina de suero bovino (BSA) en 1 mL de NaCl 0.15 M (Stepanchenko *et al.*, 2011).

Las saponinas se determinaron de acuerdo con el método descrito por Kozio (1991) que consiste en un simple método afoométrico. Las concentraciones de saponinas en solución se correlacionaron linealmente con alturas de espuma que oscilan entre 0.2 y 3.0 cm, y se estimaron provisionalmente usando la siguiente ecuación:

$$\text{mg saponin g}^{-1} \text{ fresh wt} = \frac{(0.646)(\text{foam height, cm}) - 0.104}{(\text{sample wt, g})}$$

La determinación del tanino se realizó mediante el ensayo de Bate-Smith con algunas modificaciones. La absorbancia de cada tubo de ensayo se midió en un espectrofotómetro a 550 nm usando agua destilada como blanco. La concentración de taninos se expresó en g de cianidina/L. El método utilizado para determinar la capacidad antioxidante fue el desarrollado por Cai *et al.* (2004) con ligeras modificaciones. El catión radical ABTS⁺ se generó por reacción de 7 mmol/L de ABTS y 2.45 mmol/L de persulfato de potasio después de la incubación a temperatura ambiente en la oscuridad durante 16 h. La concentración de la solución de aniones radicales ABTS azul-verde resultante se ajustó a una absorbancia de 0.700 ± 0.02 a 734 nm. Los resultados se expresaron en términos de la capacidad antioxidante equivalente de Trolox (mmol Trolox/100 g de peso seco).

La materia prima de *P. oceanica* fue recolectada de la costa de la ciudad de Santa Pola, siendo acumulada en condiciones ambientales durante unos cinco años. Los residuos de *P. oceanica* se tomaron de varios puntos de la zona de acumulación, se tomó una submuestra y





se lavó con agua del grifo. Después se secó al horno a 55°C hasta peso constante. Finalmente, la muestra se trituró con una mezcladora eléctrica hasta tener gránulos muy finos y se mantuvo a temperatura ambiente.

Se obtuvo un extracto acuoso de la planta de *P. oceanica*, mediante una extracción líquida con un equipo Soxhlet. Se utilizaron 4 g de la muestra de polvo seco de *Posidonia oceanica* con 100 mL de agua destilada. El proceso se realizó a 65°C mediante percolación continua durante 12 h. Los extractos se almacenaron en botellas oscuras en el refrigerador a 4°C hasta su uso posterior. Finalmente, se realizó una estimación cuantitativa del extracto acuoso de *P. oceanica* y se midió la concentración de cinco metabolitos secundarios.

Resultados y discusión

Los resultados preliminares se presentan en El Cuadro 1, expresada por extracto acuoso (L) y polvo de *Posidonia oceanica* (kg). Las concentraciones promedio de taninos totales fueron de 0.38 ± 0.1 mg Tan/L y capacidad oxidativa de 0.2748 ± 0.5 mmoles TE/L, ambos fueron los compuestos que se encontraron en cantidades menores. Las antocianinas se encuentran igualmente en pequeñas cantidades 2.6 ± 0.3 mg de equivalentes de cianidina-3-glucósido/L. Las saponinas, proteínas, fenoles y flavonoides se reflejaron en mayores cantidades en el extracto acuoso con 100 ± 0.04 mg Sap/L, 65.21 ± 3.5 mg BSA/L, 33.25 ± 0.6 mg ácido gálico/L y 28.08 ± 2.1 mg equivalente de quercetina/L, respectivamente. La actividad antioxidante se expresa como porcentaje de inhibición (27%), que corresponde a la cantidad de radical ABTS neutralizada por el extracto.

Es de destacar que, en la literatura la cuantificación de un extracto acuoso no se encontró y hay poca literatura que evidencie la concentración de metabolitos secundarios en la planta. Sin embargo, algunos de estos compuestos han sido estudiados previamente (Cuny *et al.*, 1996; Cannac *et al.*, 2006; Sureda *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2015); en la mayoría de los estudios se evaluaron los compuestos fenólicos y flavonoides, así como la actividad antioxidante y antimicrobiana. En este experimento, las concentraciones de metabolitos secundarios en extracto acuoso y en la muestra de polvo de *Posidonia oceanica* registró concentraciones mucho más bajas en comparación con los datos disponibles en la literatura.





Agostin (1998) encontró valores de concentración de compuestos fenólicos de 45.4 mg/g, 32 mg/g y 16.8 mg/g para hojas intermedias, hojas adultas y vainas foliares respectivamente. Recientemente se realizó una identificación y cuantificación de compuestos fenólicos usando análisis RP-HPLC, obtenido de hojas de *P. oceanica*, el contenido fenólico encontrado fue 27.71 mg GAE/g, la concentración de flavonoides y taninos fue de 19.16 mg QE/g y 3.34 mg CE/g, respectivamente, la capacidad antioxidante fue de 0.7 mM TE/g. Shams El Din (2013) sugiere un valor para carbohidratos totales, proteínas totales y lípidos totales en *P. oceanica* de 28.98, 607.50 y 40.50 mg/g, correspondientemente. Costa (2015), obtuvo valores de fenoles de 25 mg/g y capacidad antioxidante 0.3 mM TE/g.

Cuadro 1. Concentración de metabolitos secundarios en extracto acuoso y polvo de la planta entera de *Posidonia oceanica* (media \pm desviaciones estándar).

Metabolitos Secundarios	<i>Posidonia oceanica</i> Extracto acuoso		<i>Posidonia oceanica</i> Planta completa	
Taninos	0.38 \pm 0.1	mg Tan/L	9.7 \pm 0.2	mg Tan/kg
Saponinas	100 \pm 0.04	mg Sap/L	2519.4 \pm 0.45	mg sap/kg
Flavonoides	28.08 \pm 2.1	mg quercetina equivalente/L	702.2 \pm 53.5	mg quercetina equivalente/kg
Proteínas	65.21 \pm 3.5	mg BSA/L	1573.9 \pm 56.75	mg BSA/kg
Fenoles	33.25 \pm 0.6	mg ac. galico/L	831 \pm 14.2	mg ac. galico/kg
Antocianinas	2.6 \pm 0.3	mg cianidin-3-glucosido equivalentes/L	64.68 \pm 6.6	mg cianidin-3-glucosido equivalentes/kg
Capacidad antioxidante	0.2748 \pm 0.5	mM TE/mL	6.51 \pm 1.29	mM TE/kg
% Inhibición	27%	%	n.d	

Estos datos pueden usarse como valores de referencia, sin embargo, pueden no ser asequibles a los valores de este estudio, porque las condiciones experimentales con las que se llevaron a cabo los estudios previos tienen muchas diferencias. Por ejemplo, en estudios previos usan solventes o técnicas de extracción específicas para cada compuesto; además, se centran en la cuantificación de partes específicas como hojas, donde los taninos son compuestos polifenólicos extremadamente abundantes en *P. oceanica*, principalmente en rizomas y hojas.

Se ha demostrado que algunos metabolitos secundarios tienen un impacto positivo en la agricultura. Los taninos y otros compuestos fenólicos ingresan al suelo desde las raíces de





las plantas e interactúan con el suelo. Los taninos se pueden usar para inmovilizar metales como el aluminio, lo que reduce los efectos tóxicos de los metales sobre el crecimiento de las raíces. Además, los compuestos fenólicos y los taninos también pueden liberar nutrientes como el calcio (Comis, 2010). Algunos informes sugieren que los taninos actúan como agentes antimicrobianos en el suelo, mientras que otros taninos son utilizados por los microbios del suelo como sustratos para el crecimiento (Schmidt, 2012). Se encontraron correlaciones positivas en el uso de compuestos fenólicos durante la germinación de cebada y avena (Kruma *et al.*, 2016). Además, se ha encontrado que los contenidos de fenólicos mejoran la actividad antioxidante de las plantas. En consecuencia, se ha sugerido que, por ejemplo, la acumulación de flavonoides en las plantas reduce el daño oxidativo del aparato fotosintético.

Conclusiones

1. Se realizaron pruebas cuantitativas para determinar la concentración de metabolitos secundarios en un extracto acuoso de *Posidonia oceanica*, cuantificando proteínas, fenoles, flavonoides, taninos, saponinas y la capacidad oxidativa del extracto. 2. La concentración de taninos y la capacidad oxidativa se presentó en menor proporción, mientras que las saponinas, proteínas, fenoles y flavonoides se reflejaron en mayores cantidades. 3. El extracto posee un porcentaje de inhibición del 27% que corresponde a la cantidad de radicales que pueden ser neutralizados por el extracto.

Literatura citada

- Agostini, C. T. S., F. R. Vieira, H. R. Bizzo, D. Silveira and M. A. Gimenes. 2012. Chromatography and its applications. Cap. 8. Secondary metabolites. Published by InTech. 234 p.
- Agostini, S., J. M. Desjobert and G. Pergent. 1998. Distribution of phenolic compounds in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Phytochemistry* 48(4):611-617.





- Alves, P. J., L. A. Mendonça A. da C., S. J. Reis da S. and A. Flach. 2014. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Sci. Technol. Campinas.* 69-73.
- Cai, Y. Q., M. Sunc Luob and H. Corke. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences* 74(74):2157-2184.
- Cannac, M., L. Ferrat, C. Pergent M., G. Pergent and V. Pasqualini. 2006. Effects of fish farming on flavonoids in *Posidonia oceanica*. *Science of the Total Environment* 370(1):91-98.
- Comis, D. 2010. Tannins' surprising benefits for soils, forests and farms. USDA (United States Department of Agriculture), Agricultural Research Center. <https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2010/tannins-surprising-benefits-for-soils-forests-and-farms/>
- Costa, M. M., I. Barrote, J. Silva, I. Olivé, A. Alexandre, S. Albano and R. Santos, R. 2015. Epiphytes modulate *Posidonia oceanica* photosynthetic production, energetic balance, antioxidant mechanisms and oxidative damage. *Frontiers in Marine Science* 2(11):1-10.
- Cuny, P., L. Serve, H. Jupin and C. F. Boudouresque. 1995. Water soluble phenolic compounds of the marine phanerogam *Posidonia oceanica* in a Mediterranean area colonized by the introduced chlorophyte *Caulerpa taxifolia*. *Aquatic Botany* 52(3):237-242.
- Heglmeier, A. and C. Zidorn. 2010. Secondary metabolites of *Posidonia oceanica*. *Biochemical Systematics and Ecology* 38(5):964-70.
- Khatiwora, E., V. B. Adsul, M. M. Kulkarni and N. R. Deshpande. 2010. Spectroscopic determination of total phenol and flavonoid contents of *Ipomoea carnea*. *International Journal of ChemTech Research* 2(3):1698-1701.
- Kozio, M. J. 1991. Afrosimetric Estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *J. Sci. Food Agric.* 54(2):211-219.
- Kruma, Z., L. Tomsone, T. Kince, R. Galoburda, S. Senhofa, M. Sabovics *et al.* 2016. Effects of germination on total phenolic compounds and radical scavenging activity in hull-less spring cereals and triticale. *Agronomy Research* 14:1372-1383.





- Lee, J. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH. *Journal of AOAC International* 88(5):1269-1278.
- Puertas, M. A. A., Y. Ríos Y. y A. Rojano B. 2013. Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 18(2):288-297.
- Schiavon, M., A. Ertani and S. Nardi. 2008. Effects of an alfalfa protein hydrolysate on the gene expression and activity of enzymes of TCA cycle and N metabolism in *Zea mays* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:11800-11808.
- Schmidt, M. A. 2012. Tannins in natural soil systems. Tesis de doctorado. Miami University. Miami, FL, USA. 104 p.
- Shams El Din, N. G. and Z. M. El-Sherif. 2013. Nutritional value of *Cymodocea nodosa* and *Posidonia oceanica* along the western Egyptian Mediterranean coast. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 39(3):153-165.
- Shitan, N. 2016. Secondary metabolites in plants: transport and self-tolerance mechanisms. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 80(7):1283-1293.
- Socha, R., L. Juszczak, S. Pietrzyk and T. Fortuna. 2009. Antioxidant activity and phenolic composition of herbhoney. *Food Chemistry* 113:568-574.
- Stepanchenko, N. S., G. V. Novikova and I. E. Moshkov. 2011. Protein quantification. *Russian Journal of Plant Physiology* 58(737):737-742.





IMPULSO TCL2016: NUEVA VARIEDAD DE TRITICALE PARA EL BAJÍO

Ernesto Solís Moya^{61*}, Rocío Serafina Díaz Huacuz⁶¹, Oscar Arath Grageda Cabrera⁶¹, Luis Antonio Mariscal Amaro⁶¹, Aquilino Ramírez Ramírez⁶¹ y Lourdes Ledesma Ramírez⁶²

Resumen

El triticale puede ser utilizado como forraje para la alimentación de animales poligástricos. Los rendimientos, tanto en verde como en ensilado, pueden superar a los del trigo, centeno, avena o cebada. La variedad de triticale Impulso TCL2016 es de hábito de primavera y fue obtenida en el Programa Cooperativo INIFAP-CIMMYT, por hibridación y selección a través del método de mejoramiento genético masal con selección, mediante una cruce entre los progenitores

BULL_10/MANATI_1//FARAS/CMH84.4414/3/POLLMER_2.2.1*2//FARAS/CMH84.4414, cuyo número de cruce e historia de selección es CTSS04Y00002S-104Y-06M-06Y-2M-4Y-0M. La cruce se hizo en CIMMYT en la primavera de 2004 en la estación de Cd. Obregón, Sonora. La nueva variedad Impulso TCL2016 es de ciclo similar a la variedad Bicentenario TCL08 y es más precoz que las variedades de avena. La altura de planta es similar a la de Bicentenario TCL08 y Siglo XXI e inferior a las variedades de avena. En rendimiento de grano fue igual a las variedades de triticale y superior a las variedades de avena Karma, Turquesa y Avemex. En producción de materia seca es igual a las variedades de triticale y avena. La variedad Impulso TCL2016 se adapta a siembras en la región denominada “El Bajío”, la cual comprende parte de los estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro con altitudes de 1,500 a 1,800 m con temperatura media de 20°C y precipitación de 450 a 650 mm. La semilla de Impulso TCL2016 está disponible en el Campo Experimental Bajío desde julio de 2017.

Palabras clave: forraje, materia seca, rendimiento, calidad

⁶¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. *solis.ernesto@inifap.gob.mx

⁶² Instituto Tecnológico de Roque





Introducción

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) fue obtenido artificialmente por el hombre a partir del cruzamiento de trigo (*Triticum* ssp.) con centeno (*Secale* ssp.). El nombre triticale es una combinación del prefijo *Tritico* (derivado de *Triticum*) y el sufijo *Secale*, es decir, los géneros botánicos de las plantas progenitoras (FEDNA, 2015). Al crear este nuevo cereal se pretendió combinar la calidad del grano (principalmente nivel proteico y aminoácidos) y la productividad aportada por el trigo, con el vigor de la planta del centeno, resistencia a la sequía, bajas temperaturas, y limitantes de suelo (Mellado *et al.*, 2008). Para obtener esta nueva especie de planta se ha utilizado como madre al trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), o el trigo duro (*Triticum durum* Desf.), y como padre (aportando el polen) al centeno. La utilización del triticale es diversa, se puede destinar tanto a alimentación humana como animal. En alimentación animal, el triticale es adecuado para la alimentación de animales poligástricos como corderos y bovinos, y especialmente de monogástricos como cerdos, aves y conejos cuyas necesidades de fósforo son considerables. El grano de triticale puede molerse para panificación usando los mismos métodos empleados para el trigo. El grano de triticale y la harina constituyen una buena fuente de vitaminas y minerales, y en general, desde el punto de vista de calidad, los triticales tienen mayor cantidad de lisina que las variedades de trigo, lo que es valioso por tratarse de un aminoácido esencial, que el organismo no sintetiza (Royo, 1992).

Los rendimientos del triticale, tanto en verde como en ensilado, pueden superar a los del trigo, centeno, avena o cebada. La calidad del forraje del triticale es alta si se siega en estado de embuche. El contenido de proteína del forraje de triticale puede alcanzar hasta el 24% sobre materia seca (dependiendo de la fecha etapa en que se coseche), además proporciona un origen excelente de fibra digestible que es esencial para la salud y productividad de los rumiantes (Zamora *et al.*, 2002).

Dada sus características de rusticidad y alta producción de biomasa, el triticale se presenta como una opción para la producción de forraje en condiciones limitadas de humedad e insumos (Ammar, 2013).

Después de haber sido probada en localidades de productores por la Secretaría de Desarrollo Agrícola y Rural del estado de Guanajuato (SDAYR) y el Instituto Nacional de





Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la variedad Impulso TCL2016 se pone a disposición de los productores de “El Bajío” como una alternativa para disminuir el déficit de forraje en la región. A continuación, se presenta el origen de la variedad, sus principales características fenotípicas y su comportamiento agronómico en comparación con el de las variedades de referencia.

Materiales y métodos

La variedad de triticale Impulso TCL2016 es de hábito de primavera y fue obtenida en el Programa Cooperativo INIFAP-CIMMYT, por hibridación y selección a través del método de mejoramiento genético masal con selección, mediante una cruce entre los progenitores BULL_10/MANATI_1//FARAS/CMH84.4414/3/POLLMER_2.2.1*2//FARAS/CMH84.4414, cuyo número de cruce e historia de selección es CTSS04Y00002S-104Y-06M-06Y-2M-4Y-0M. La cruce se hizo en CIMMYT en la primavera del 2004 en la estación de Cd. Obregón, Sonora. El híbrido F1 se sembró y se cosechó en masa sin selección durante el verano 2004 en la estación del CIMMYT “El Batán”, en Texcoco, Edo. México. La generación F2 fue sembrada durante el ciclo otoño-invierno 2004-05, en la estación de Cd. Obregón, Sonora, se seleccionó una planta individual (planta número 104). La generación F3 se sembró durante el ciclo de verano 2005 en la estación de Toluca, Estado de México, se cosecharon seis espigas que se trillaron en masa. La familia F4 fue sembrada durante el ciclo de otoño-invierno 2005-06, en la estación de Cd. Obregón, Sonora, se cosecharon seis espigas que se trillaron en masa. La generación F5 fue sembrada durante el ciclo de verano 2006 en la estación de Toluca, Estado de México, se seleccionó una planta individual (planta número 2). La generación F6 se sembró durante el ciclo otoño-invierno 2006-07, en la estación de Cd. Obregón, Sonora, se seleccionó una planta individual (planta número 4). La generación F7 se sembró durante el ciclo de verano 2007 en la estación de Toluca, Estado de México, se cosechó la familia en masa por su uniformidad, y a partir de esta etapa se consideró la línea genéticamente fija. Semilla de esta línea (generación F10) se introdujo por primera vez a Guanajuato en el otoño-invierno 2008-09 desde entonces se ha evaluado en localidades del estado.





Resultados y discusión

La variedad Impulso TCL2016 es un triticale secundario hexaploide obtenido tras cruzar triticales primarios derivados de la cruce entre un trigo duro con centeno. Es de hábito de crecimiento de primavera, semienana, de 113 cm de altura; su ciclo vegetativo es precoz, con 81 días a floración y 136 días a madurez fisiológica. Estos caracteres registran ciclos vegetativos más largos al sembrarse en fechas tempranas, como las realizadas del 16 de noviembre al 1 de diciembre, y más cortos y portes más bajos al sembrarse en fechas intermedias y tardías, del 16 de diciembre al 15 de enero. La condición de humedad, la fertilización y la densidad de población también pueden afectar estos caracteres.

La pigmentación antociánica del coleóptilo de la nueva variedad Impulso TLC2016 correspondió al nivel 7 (fuerte) igual al de la variedad Bicentenario TCL08. El porte promedio de la planta de Impulso TCL2016 es intermedio a diferencia del porte de Luminaria F2012 que es semierecto y el de Monarca F2007 que es semipostrado. La frecuencia de plantas con hojas banderas recurvadas de Impulso TCL2016 es baja, en cambio, la variedad Siglo XXI tiene una frecuencia media y la frecuencia de Aconchi C89 es nula o muy débil. La pigmentación antociánica de las aurículas de Impulso TCL2016 es ausente o muy débil, la de la variedad Siglo XXI es fuerte. El nivel de serosidad en la vaina de la hoja bandera de Impulso TCL2016 es fuerte. La coloración antociánica de las barbas es media y la pigmentación antociánica de las anteras es ausente o muy débil al igual que la de las variedades Luminaria F2012 y Aconchi C89. El largo y el ancho de la hoja bandera de Impulso TCL2016 es medio. La serosidad de la espiga es fuerte, la pubescencia del cuello de la espiga es media y la distribución de las barbas es media espiga barbada, mientras que el de la variedad Bicentenario TCL08 es completamente barbada. La longitud del primer pico, de acuerdo al descriptor, se clasificó con el número 3 que es de tipo de gluma inferior corta, mientras que el tamaño del segundo pico se clasificó con el número 1 que es ausente o muy pequeño. La vellosidad externa de las glumas está presente en toda la espiga. La médula en la sección trasversal del tallo se clasificó con el número 3 que es médula hueca y el color de la espiga blanco. La longitud de la espiga es mediana, ancha y muy densa, con reacción al fenol media. De acuerdo a sus requerimientos de frío los triticales se pueden clasificar como





invernales, facultativos y primaverales. La variedad Impulso TCL2016 es un triticale de primavera que no ocupa un periodo de vernalización para llegar a espigamiento.

Características fenotípicas y rendimiento de grano

En el Cuadro 1 se observa que la nueva variedad Impulso TCL2016 es de ciclo similar a la variedad Bicentenario TCL08 (81 días a espigamiento) y es más precoz que las variedades de avena. La altura de planta es mayor que la variedad de trigo Roelf F2007, similar a las variedades de triticale e inferior a las variedades de avena. En rendimiento de grano fue igual a las otras variedades de triticale y superior a las variedades de avena y trigo.

Cuadro 1. Características fenotípicas y rendimiento de grano de la nueva variedad de triticale Impulso TCL 2016, evaluada en el campo experimental Bajío en el ciclo otoño invierno 2015-16.

Variedad	Dflor	Dmad	Altura (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Impulso TCL2016	81	136	113	5641
Bicentenario TCL08	81	135	118	5567
Siglo TCL21	82	137	110	4684
Turquesa	88	136	138	1803
Karma	85	135	143	2456
Avemex	93	135	163	1379
Roelf F2007	89	140	103	2671
DSH	3.8	3.1	14.5	2092
C.V.	1.6	0.8	4.0	19.8
Valor de P	**	**	**	**

C.V. = Coeficiente de variación; ** = diferencias altamente significativas; Dflor = días a espigamiento; Dmad = días a madurez fisiológica.

En el Cuadro 2 se presentan la producción de materia seca de la nueva variedad en comparación a las variedades de referencia, variedades de avena y de trigo. Se observó que, aunque no se encontraron diferencias significativas, numéricamente, la nueva variedad es superior en producción de materia seca a la variedad Siglo TCL21 y a la de trigo Roelf F2007 e igual que la variedad Bicentenario TCL08, sin embargo, es inferior a las tres variedades de avena evaluadas.





Ámbito de aplicación

La variedad Impulso TCL2016 se adapta a siembras en la región denominada “El Bajío”, la cual comprende parte de los estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro, con altitud de 1,500 a 1,800 m., temperatura media de 20°C y precipitación de 450 a 650 mm. En Guanajuato se puede sembrar en los DDR 003, 004 y 005 que comprenden las provincias de buena y muy buena productividad.

Disponibilidad de semilla

La semilla básica de Impulso TCL2016 está disponible en el Campo Experimental Bajío del INIFAP para su venta a las compañías productoras de semilla que lo soliciten desde julio de 2017.

Cuadro 2. Producción de materia seca de la nueva variedad de trigo Impulso TCL2016 comparada con variedades comerciales de triticale, avena y trigo.

Variedad	Materia seca (t/ha)
Impulso TCL2016	5.6
Bicentenario TCL08	5.5
Siglo TCL21	5.0
Turquesa	5.9
Karma	5.9
Avemex	7.1
Roelf F2007	5.3
DSH	5.3
C.V	32.2
Valor de P	NS

C.V. = Coeficiente de variación; NS = diferencias no significativas

Conclusiones

1. La nueva variedad Impulso TCL 2016 presenta espiga con aristas cortas a diferencia de las espigas de las variedades de triticale actualmente en uso que presentan aristas largas.
2. Su ciclo biológico es igual al de Siglo XXI y Bicentenario TCL08 y su altura de planta es inferior a la de Bicentenario TCL08.
3. Su rendimiento de grano es igual al de las variedades





comerciales de triticale y superior al de las variedades de avena. 4. Su producción de materia seca es igual a la de las variedades de triticale y a las de avena.

Literatura citada

- Ammar, K. 2013. Promoción y mejoramiento genético del triticale. p. 27-29. *In*: Enlace. Enlazando al sector agrícola con la agricultura de conservación. 16.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). 2015. Triticale. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/triticale [consultado el 12 de octubre de 2015].
- Mellado, Z. M., I. Matus T. y R. Madariaga. 2008. Antecedentes sobre el triticale, en Chile y otros países. Boletín INIA N° 183. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. 74 p.
- Royo, C. 1992. El triticale: bases para el cultivo y aprovechamiento. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. 95 p.
- Zamora, V. V. M., A. J. Lozano del R., A. López B., M. H. Reyes V., H. Díaz S. H., J. M. Martínez R. *et al.* 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Técnica Pecuaria en México* 40(3):229-242.





PROGRESOS EN RENDIMIENTO DE LÍNEAS F7 DE TRIGO HARINERO DERIVADAS DE CRUZAS BIPARENTALES

*Ernesto Solís Moya⁶³, Oscar Arath Grageda Cabrera⁶³, Luis Antonio Mariscal Amaro⁶³, Aquilino Ramírez Ramírez⁶³, María Rebeca Rendón Reyes⁶⁴ y Lourdes Ledesma Ramírez⁶⁴

Resumen

Se evaluaron en el ciclo primavera verano de 2017 los caracteres agronómicos de 20 familias derivadas de cruzas biparentales de trigo con el objetivo de determinar su avance en rendimiento con relación a sus progenitores. Se evaluaron 10 líneas por cada una de las 20 familias obtenidas por el Programa de Mejoramiento Genético de trigo del Campo Experimental Bajío. Con los datos agronómicos se realizó un análisis de componentes principales, análisis de varianza y comparaciones de medias para todos los caracteres evaluados. Se encontró que 15 familias superaron el rendimiento de los testigos, pero sólo cuatro de ellas (1, 4, 12 y 20) lo hicieron significativamente (Tukey <0.05). Al comparar las cinco mejores líneas de cada familia sólo siete superaron el rendimiento de los mejores cinco progenitores, aunque ninguno de ellos significativamente. Las comparaciones de rendimiento de las cuatro familias sobresalientes con sus progenitores indicaron que las familias superaron numéricamente el rendimiento de sus progenitores, pero no significativamente. Las diferencias a favor entre el promedio de las familias con sus progenitores fueron de 5.3 a 20.4%; estos valores divididos entre cinco años (tiempo desde que se hicieron las cruzas) proporcionan ganancias genéticas de 1.1 a 4.1% por año de investigación, estos avances genéticos son iguales o superiores a los obtenidos en el rendimiento en trigo en los últimos años.

Palabras clave: mejoramiento genético, líneas de trigo, segregación transgresiva

⁶³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. *solis.ernesto@inifap.gob.mx

⁶⁴ Instituto Tecnológico de Roque.





Introducción

La ONU pronostica que la población mundial alcanzará los 9,400 millones en 2050. Por lo tanto, el mundo debe desarrollar la capacidad de alimentar a 10 mil millones de personas en los próximos 40 o 50 años. La mayor parte de esta capacidad deberá ser el resultado de mayores rendimientos en las tierras de cultivo existentes (Foulkes *et al.*, 2007). Dado que se pronostica que la demanda mundial de trigo aumente a un ritmo más rápido (Rosegrant y Cline, 2003) que las ganancias genéticas anuales que se obtienen actualmente (Miralles y Slafer, 2007), se debe acelerar la mejora en el potencial de rendimiento genético para evitar la invasión de suelos vírgenes o la sobre intensificación de los agroecosistemas actuales (Reynolds *et al.*, 2009). Los constantes aumentos en la productividad desde la Revolución Verde están asociados con mejoras genéticas en el rendimiento potencial, resistencia a enfermedades, adaptación al estrés abiótico y a una mejora en las prácticas agronómicas (Reynolds y Borlaug, 2006). Las tasas de crecimiento anual del rendimiento de trigo considerando series históricas de largo plazo coinciden con las proyecciones basadas en la demanda (>40 kg/ha/año). Sin embargo, si se consideran los últimos 20 años, dicha tasa se reduce a 36 kg/ha y a 21 si se considera sólo la última década (Miralles y Slafer, 2007). Esta preocupación ha intensificado la investigación hacia la exploración de estrategias para aumentar el rendimiento potencial de los cultivos por unidad de área debido a las limitaciones que existen para incrementar el área sembrada a nivel mundial. El objetivo de este trabajo fue evaluar los avances en el rendimiento de 20 cruzas biparentales de trigo harinero.

Materiales y métodos

Desarrollo de poblaciones. El material biológico consistió de 200 líneas avanzadas F7 de trigo adaptadas a la región del Bajío provenientes del Programa de Mejoramiento de Trigo del Campo Experimental Bajío del INIFAP (Cuadro 1). Estas líneas fueron obtenidas de 20 cruzas biparentales (10 por craza) de diversos progenitores contrastantes en características asociadas al rendimiento tanto en riego (ciclos OI), como en temporal (ciclos PV). Las cruzas se realizaron durante los ciclos OI 2012-13 y 2013-14. En los ciclos PV 2013, 2014, 2015 y





2016 se sembraron en Texcoco, Estado de México, las generaciones F1, F3 y F5 en parcelas de dos hilos de 1.0 m de largo (F1) y de dos hilos de 11.0 m de largo (F3 y F5). Las generaciones F2, F4 y F6 se sembraron en Celaya, Guanajuato durante los ciclos OI 2013-14, 2014-15 y 2015-16 en parcelas de 11 m de largo (F2 y F4) y 1 m de largo (F6). En la F1 no se practicó selección. En las generaciones F2 a F4 se hizo selección masal, cosechando 100 espigas de cada población y formando un compuesto balanceado con la semilla cosechada. En la generación F5 se seleccionaron 10 espigas de la población y se sembró una espiga por surco en la generación F6. La F6 se cosechó masivamente y las líneas F7 se evaluaron para rendimiento durante el ciclo PV 2017.

Cuadro 1. Cruzas biparentales incluidas en el estudio.

Familias	Cruza
1	ABETO//COLIBRI//GAL
2	JADEITA/ABETO
3	JADEITA/3/COLIBRI//GAL
4	JADEITA/ACACIA
5	JADEITA/4/SOKOLL//PBW343*2/KUKUNA/3/ATTILA/PASTOR
6	CONDOR/LIZ//ORO/COLIBRI
7	CORTAZAR S94/3/COLIBRI//GAL
8	CORTAZAR S94//FRAILECILLO/BIMBO40
9	URBINA//COLIBRI//KRONSTADF2003
10	URBINA//COLIBRI//GAL
11	COLIBRI//COLIBRI//TRAGOPAN
12	COLIBRI/DON CARLOS
13	COLIBRI//PLATA//PIROLUSITA
14	ICA 30.05/MONARCAF2007//PLATA//PIROLUSITA
15	COLIBRI//ACACIA
16	COLIBRI//TRAGOPAN/3//COLIBRI//FINSI
17	CONDOR/LIZ//MALAQUITA//DOLOMITA
18	COLIBRI//MONARCAF2007//ACACIA
19	HALITA//COLIBRI//THELIN/2*WBLL1
20	JADEITA//QUAIU

Evaluación fenotípica. Las 200 líneas se sembraron en el ciclo PV 2017 en un diseño alfa látice con dos réplicas en parcelas de dos surcos de 2.0 m de largo con separación de 0.75





m. La parcela experimental y útil fue de 3.0 m. La evaluación se realizó en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, ubicado a 20°32' N, 100°48' O y 1,752 m de altitud; con precipitación y temperatura media anual de 578 mm y 19.8°C, respectivamente. Se aplicó el riego de siembra y riegos adicionales dependiendo de la precipitación pluvial. La fertilización fue de 180-60-00, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno a los 35 días del riego de siembra. Para el control de malezas se utilizó el control químico y se complementó con deshierbes manuales. La cosecha se realizó con una minicombinada para parcelas experimentales. Las variables fenotípicas que se determinaron fueron: 1. Días al espigamiento (DE), 2. Días a madurez fisiológica (DM), 3. Altura de planta (AP) y 4. Rendimiento de grano (RG).

Se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa R studio versión 3.3.1 y análisis de varianza, contrastes ortogonales y pruebas de comparaciones de medias utilizando el programa SAS versión 9.3.

Resultados y discusión

Análisis de la variabilidad de las poblaciones. Los valores propios de la matriz de correlaciones mostraron que las primeras dos componentes principales representan el 86.7% de la variación total: Componente Principal 1 (PC1) 58.2% y Componente Principal 2 (PC2) 28.5%. Este valor se considera un porcentaje adecuado para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005). Los resultados de los vectores propios muestran que la primera componente principal (PC1) presenta asociación negativa con las variables originales DE, DM y AP. La segunda componente (CP2) mostró asociación negativa con la variable RG en kg/ha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de los genotipos de trigo evaluados en el ciclo PV 2017.

Carácter	Componente Principal 1	Componente Principal 2
Días al espigamiento	-0.57	0.32
Días a la madurez	-0.56	0.36
Altura de planta	-0.54	-0.32
Rendimiento de grano en kg/ha	-0.26	-0.82





Se observó una variación similar entre las líneas de las familias y los progenitores en el plano del componente principal uno, sólo siete genotipos fueron más precoces o tardíos y con mayor o menor altura de planta que los progenitores (Figura 1). Al menos 14 genotipos de los 200 evaluados superaron el rendimiento del mejor de los progenitores, estos genotipos registraron variación en el plano del CP1, es decir, estos materiales registraron ciclos cortos o largos, pero no más allá del ciclo del progenitor más tardío. El ángulo de los vectores de las variables DE y DM indicó que existe asociación alta entre estos caracteres. El ángulo cercano a 90° entre RG con DE y DM indica que no existe asociación entre estas variables.

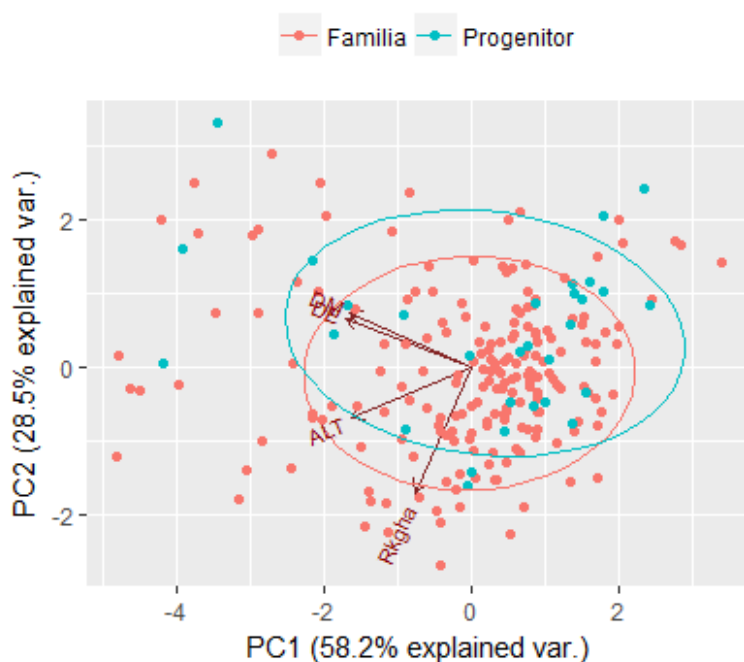


Figura 1. Biplot de las características agronómicas evaluadas en 230 genotipos de trigo evaluados en el ciclo primavera verano 2017 en Celaya, Gto.

Análisis del rendimiento de grano. El análisis de varianza para rendimiento de grano no detectó diferencias significativas entre tratamientos (comparación individual de las 230 entradas) y el material experimental (comparación individual de las 200 familias), pero sí detectó diferencias altamente significativas entre familias y significativas en el contraste de progenitores contra familias (Cuadro 3).





Cuadro 3. Análisis de varianza de los tratamientos incluidos en el estudio.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F
Repeticiones	1	6319580.31	6319580.31	60.63	<0.0001
Bloques (repeticiones)	90	22387301.35	248747.79	2.39	<0.0001
Tratamientos	229	27957407.96	122084.75	1.17	0.1541
Material experimental	199	23340903.65	117290.97	1.08	0.3262
Familias	19	5040530.47	265291.08	2.54	0.0005
Trat (familias)	180	18300373.18	101668.74	0.94	0.6556
Progenitores vs Familias	1	518189.2600	518189.2600	4.97	0.0274
Error	139	14487955.99	104229.90		
Total	459	94159362.73			
C.V	23.8				

En el Cuadro 4 se presentan las comparaciones de medias de las 20 familias y los progenitores, las comparaciones de medias de las mejores cinco familias, así como el rango de rendimiento que obtuvo cada familia y los progenitores. La familia más productiva alcanzó un rendimiento medio de 1,724 (1) contra 999 kg/ha registrado por la familia de menor rendimiento (3). Aunque 15 familias superaron el rendimiento de los testigos (21), sólo cuatro de ellas 1, 4, 12 y 20 lo hicieron significativamente (Tukey <0.05). Al comparar las cinco mejores líneas de cada familia únicamente siete familias superaron el rendimiento de los mejores cinco progenitores, aunque ninguno de ellos significativamente. En este caso, la mejor familia fue la uno que superó significativamente a siete del número total de familias evaluadas.

Cuadro 4. Comparaciones de medias de familias, de las mejores cinco líneas de cada familia y rango de rendimiento dentro de cada familia.

Familia/Progenitores	Rendimiento (kg/ha)	Mejores 5 (kg/ha)	Rango (kg ha)
F1	1724 a	2001 a	1227 – 2342
F2	1323 bcdefgh	1634 abcd	684 – 1962
F3	999 gh	1240 d	602 – 1422
F4	1682 ab	1834 abc	1362 – 1967
F5	1529 abcdef	1731 abcd	1098 – 2018
F6	1316 bcdefgh	1498 abcd	1044 – 1913
F7	1288 cdefgh	1469 abcd	958 – 1913
F8	1242 defgh	1368 cd	1078 – 1598





Continúa Cuadro 4...

F9	1215 efgh	1376 cd	958 – 1653
F10	1267 cdefgh	1508 abcd	649 – 1676
F11	1363 abcdefgh	1507 abcd	1067 – 1547
F12	1645 abc	1938 ab	904 – 2127
F13	1524 abcdef	1704 abcd	1198 – 1829
F14	1266 defgh	1397 bcd	764 – 1602
F15	1110 gh	1335 cd	636 – 1722
F16	1476 abcdefg	1683 abcd	996 – 1978
F17	1560 abcde	1736 abcd	1240 – 1918
F18	1184 efgh	1354 cd	800 – 1431
F19	1191 efgh	1419 bcd	667 – 1571
F20	1615 abcd	1869 abc	1153 – 2047
Progenitores	1219 efgh	1688 abcd	613 - 1849
DHT	379	560	

En el Cuadro 5 se presentan las comparaciones de rendimiento de las cuatro familias sobresalientes con sus progenitores. Se observó que las familias superaron numéricamente el rendimiento de sus progenitores, pero no significativamente. Las diferencias a favor entre el promedio de las familias con sus progenitores fueron de 5.3 a 20.4%, estos valores divididos entre cinco años (tiempo desde que se hicieron las cruzas) proporcionan ganancias genéticas de 1.1 a 4.1% por año de investigación.

Diferentes estudios han mostrado los progresos en rendimiento de trigo; Hernández (1988) al comparar variedades liberadas de 1945 a 1982 determinó que el rendimiento se incrementó en 74%, lo que representó una tasa de incremento anual de 2%. En un estudio reciente, Paquíni *et al.* (2016) obtuvieron un avance anual de 1.1% al estudiar el incremento en rendimiento de variedades de trigo de 1945 a 2015. Si bien los resultados de este estudio son preliminares, ya que sólo cuenta con una evaluación, las ganancias genéticas obtenidas por la mayoría de las familias indica una selección adecuada de los progenitores, además de que varios de ellos están generando segregación transgresiva que es la finalidad principal de los programas de mejoramiento.





Cuadro 5. Avance genético en rendimiento de las cuatro familias más destacadas.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)		Diferencia entre tratamientos	%Progenitores	Avance genético por año	Nivel de significancia
	Familia	Progenitores				
F1 vs progenitores	1724	1584	140	8.8	1.8	ns
F4 vs Progenitores	1682	1598	84	5.3	1.1	ns
F12 vs Progenitores	1638	1361	277	20.4	4.1	ns
F20 vs progenitores	1615	1397	218	15.6	3.1	ns

Conclusiones

1. Los progresos en rendimiento de las cuatro familias más destacadas fueron iguales o superiores a los obtenidos en evaluaciones de avances genéticos en diferentes áreas del mundo. 2. Es necesario hacer un estudio más detallado para determinar cuáles combinaciones de progenitores proporcionan segregación transgresiva o mayores avances genéticos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al INIFAP por el financiamiento parcial de los trabajos de investigación que condujeron a la obtención de los resultados presentados en este documento procedentes del Proyecto Fiscal (número de proyecto SIGI: 9571634495) “GWAS para identificación de asociaciones carácter fenotípico-marcador involucrados en la estabilidad del rendimiento del trigo a través de ambientes”.

Literatura citada

Arroyo, A., M. Balzarini, C. Bruno y J. Di Rienzo. 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia* 30:550-554.





- Foulkes, M. J., J. W. Snape, V. J. Shearman, M. P. Reynolds, O. Gaju and R. Sylvester-Bradley. 2007. Genetic progress in yield potential in wheat: recent advances and future prospects. *Journal of Agricultural Science* 145:17-29.
- Hernández, S. A. 1988. Avance en el mejoramiento genético del trigo en Mexico. *Agron. EDP Sci.* 8:633-638.
- Miralles, D. J. and G. A. Slafer. 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agric. Sci.* 145:139-149.
- Paquíni, R. S. L., I. Benítez R., H. E. Villaseñor M., A. Muñoz O. y H. Vaquera H. 2016. Incremento en el rendimiento y sus componentes bajo riego normal y restringido de variedades mexicanas de trigo. *Rev. Fitotec. Mex.* 39(4):367-378.
- Reynolds, M. P. and N. E. Borlaugh. 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement. *Journal of Agricultural Science* 144:3-17.
- Reynolds, M., M. J. Foulkes, G. A. Slafer, P. Berry, M. A. J. Parry, J. W. Snape *et al.* 2009. Raising yield potential in wheat. *J. Exp. Bot.* 60:1899-1918.
- Rosegrant, M. W. and S. A. Cline. 2003. Global food security: challenges and policies. *Science* 302(5652):1917-1919.





EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES CON CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN EL BAJÍO

Mariano Díaz Ruiz⁶⁵, Ernesto Solís Moya^{66*}, Oscar Arath Grageda Cabrera⁶⁶, Luis Antonio Mariscal Amaro⁶⁶, Aquilino Ramírez Ramírez⁶⁶ y Sarahyt Santamaría Figueroa González⁶⁵

Resumen

En los ciclos primavera verano 2016 y otoño invierno 2016-17 se sembraron dos experimentos con cuatro especies de grano pequeño. El objetivo fue evaluar la producción y calidad forrajera de las especies de grano pequeño, en el Campo Experimental Bajío. Las especies incluidas fueron avena, trigo, cebada y triticale. Se midió la fenología, altura de planta, biomasa en verde y seco, el rendimiento de grano, el porcentaje de proteína, cenizas, grasas, fibra y carbohidratos. Se hizo un análisis de componentes principales, análisis de varianza y pruebas de comparaciones de medias. Los resultados indicaron que el ciclo biológico de la avena, trigo y triticale fue superior al de la cebada. La avena fue superior en la altura de planta, producción de forraje fresco y seco a las otras tres especies evaluadas. La avena y el trigo superaron en rendimiento al triticale, pero no el de la cebada. La avena y el trigo obtuvieron los mayores porcentajes de proteína, sin embargo, la avena fue superior al trigo en la calidad de fibra cruda. No obstante, al obtener menores niveles de proteína, el triticale registró mayor calidad de fibra cruda que la avena. Se observó alta asociación entre la altura de la planta con la producción de forraje fresco y seco. El rendimiento de grano no mostró asociación con la producción de biomasa en fresco o en seco.

Palabras clave: avena, trigo, cebada, triticale

⁶⁵Instituto Tecnológico de Roque.

⁶⁶²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. *solis.ernesto@inifap.gob.mx.





Introducción

Los forrajes son la base principal de los sistemas de producción pecuaria, las especies utilizadas como forraje son numerosas, ya sea para su consumo en verde o para la producción de heno o silo.

En la región centro de México, específicamente en “El Bajío”, los forrajes de mayor producción son alfalfa, trigo, sorgo, avena y maíz. La producción de dichas especies se ve afectada en la cantidad y calidad, debido a las características estacionales, lo que afecta la rentabilidad para los productores ganaderos (Hernández *et al.*, 2007).

Los cereales de grano pequeño tienen mucha importancia para la producción, en épocas donde el forraje es relativamente escaso. Estas especies aparecen como alternativa para solucionar la escasez de forraje, ya que presentan buenas características en rendimiento y calidad nutricional como forraje, aunado a esto sus requerimientos son mínimos y superan a otras especies forrajeras por su rápido crecimiento, considerable capacidad de adaptación, mayor tolerancia a las bajas temperaturas, buena calidad de forraje y excelente palatabilidad para el ganado, lo cual representa una gran ventaja en la época invernal, donde las otras especies forrajeras presentan bajos índices de desarrollo.

El objetivo de este estudio fue comparar la producción y la calidad forrajera de cuatro especies de cereales de grano pequeño en “El Bajío”.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP, ubicado en el Km. 6.5 de la carretera Celaya - San Miguel de Allende, en Celaya, Gto., cuya localización geográfica se encuentra aproximadamente a 20°34' Latitud Norte y 100°49' Longitud Oeste, a una altitud de 1,769 m.

Se establecieron dos experimentos, uno en el ciclo primavera verano (PV) 2016 (17 de julio de 2016) y el otro en el ciclo otoño invierno (OI) 2016-17 (20 de diciembre de 2016), ambos bajo condiciones de riego. La densidad de siembra, para todas las especies fue de 120 kg/ha en ambos ciclos. Para el ciclo otoño invierno se aplicaron cuatro riegos rodados, el primero al





momento de la siembra y tres riegos de auxilio a los 45, 75 y 100 días después de la siembra (dds). El control de malezas hoja angosta se realizó aplicando 0.75 L/há de Starane a los 22 días, y 1.0 L/ha de Esterón 47 a los 34 días después de la siembra. En el ciclo PV se dio el riego de siembra y se aplicó un riego de auxilio a los 60 días para complementar los requerimientos de humedad del cultivo, durante la temporada de lluvias. En este ciclo el control de malezas se realizó de la misma manera que en el ciclo OI. La dosis de fertilización utilizada en el ciclo OI fue 240-60-00 (N-P-K); como fuente de nitrógeno se utilizó sulfato de amonio (Sulfamín), aplicando el 50% a la siembra y el resto en el primer riego de auxilio. Como fuente de fósforo se utilizó súper fosfato de calcio triple, en una sola aplicación a la siembra. En el ciclo PV se utilizó la fórmula 180-60-00, utilizando las mismas fuentes de fertilizante. Se midieron las variables agronómicas: días a embuche, espigamiento y madurez, altura de planta, peso, fresco y seco de forraje (biomasa) y rendimiento de grano. Entre las variables de calidad se midieron: % de proteína, % de cenizas, grasas, carbohidratos y fibra cruda.

Con los datos agronómicos del ciclo OI 2016-17 se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa R studio versión 3.3.1. Los análisis de varianza se realizaron utilizando el software SAS 9.3 (SAS Institute 9.3, 2014). Cuando la prueba de F resultó significativa se realizó la comparación de medias mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey (DSH) con $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Análisis de componentes principales

Los valores propios de la matriz de correlaciones mostraron que las primeras dos componentes principales representan el 82.4% de la variación total (PC1 63.7 % y PC2 18.7 %). Los resultados de los vectores propios muestran que el primer componente principal (PC1) presenta asociación negativa con las variables originales peso seco (PS), días a espigamiento (DE) y día a madurez (DM). El segundo componente (CP2) mostró asociación





negativa con las variables días a embuche, rendimiento de grano y positiva con peso fresco (PF) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones de los autovectores con las variables agronómicas de cuatro especies de grano pequeño evaluado en el ciclo OI 2016-17.

Carácter	CP1	CP2
DEMB	-0.38637511	-0.4780886
DE	-0.43206899	-0.2923391
DM	-0.40824793	-0.2817232
PF	-0.38846482	0.4302768
AP	-0.39732264	0.3652355
PS	-0.43424852	0.2568922
Ren	0.00472442	-0.4712457

ALT: Altura de planta. DF: días a espigamiento. DMRG: rendimiento de grano.

Las variedades de cebada registraron el menor ciclo a espigamiento y madurez, así como el menor peso seco, en cambio, las variedades de avena registraron el mayor ciclo biológico y peso seco (Figura 1). Las variedades de trigo y triticale registraron ciclos y pesos secos intermedios entre la cebada y la avena. De las cuatro especies, sólo el trigo mostró variación en el plano del CP1 esto es, hubo diferencias entre genotipos en DE, DM y PS. La avena, el triticale y la cebada mostraron variación en el plano del CP2, lo que significa que hubo diferencias entre variedades de estas tres especies en DEM, rendimiento de grano (Ren) y peso fresco (PF). Los genotipos de trigo no mostraron variación en este CP. Las variedades de trigo registraron mayor ciclo a embuche y rendimiento de grano y menor peso seco que las variedades de avena, triticale y cebada. En general la avena obtuvo los menores rendimientos de grano, el menor ciclo a embuche y el mayor peso fresco.

El ángulo de los vectores (menor de 20°) de las variables PF, PS y AP y entre DE, DEM y DM indicó que existe asociación alta entre estos caracteres. El ángulo cercano a 90° entre rendimiento de grano y DE y DM indica que no existe asociación entre estas variables. Lo mismo se puede asumir entre Ren y PS, PF y AP. La longitud de los vectores mostró que el Ren fue la variable con menor variación.



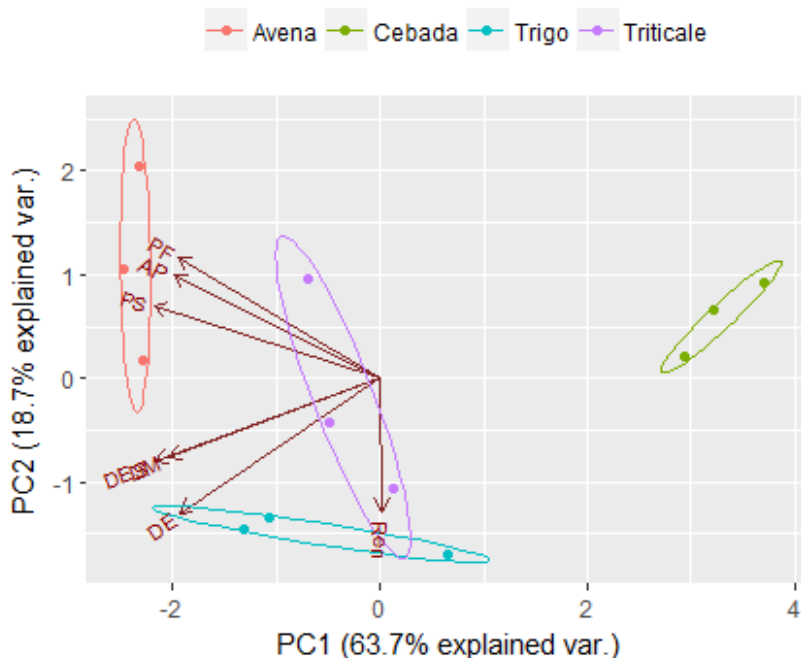


Figura 1. Biplot de las características agronómicas evaluadas en cuatro especies de grano pequeño evaluados en el ciclo otoño invierno 2016-17 en Celaya, Gto.

Análisis de varianza

Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables agronómicas estudiadas (Cuadro 2). Se detectaron diferencias altamente significativas en todas las variables para los factores ciclos y especies (ESP). Para genotipos GEN(ESP) se obtuvieron diferencias altamente significativas en todas las variables excepto en peso seco (PS). Entre variedades de avena se observaron diferencias altamente significativas en días a embuche (DEM) y altura de planta (AP) y significativas para días a espigamiento (DE) y días a madurez (DM). En el trigo se observaron diferencias altamente significativas en DEM y DE y significativas en DM, altura de planta (AP) y peso seco (PS). Entre las variedades de cebada, se detectaron diferencias altamente significativas en DEM, DM, peso fresco (PF), PS y en la diferencia entre peso fresco y seco (DFPS), y significativas en DE. En el triticale se obtuvieron diferencias altamente significativas en DM, AP, PF y DFPS. La interacción especie por ciclo (ESP*CICLO) resultó altamente significativa en DEM, DE, DM, AP y DFPS y significativas en DM y PF.



Cuadro 2. Análisis de varianza de días a embuche, días a espigamiento, días a madurez, altura de planta, peso fresco, peso seco y diferencias de PS.

FV	GL	DEM	DE	DM	AP	PF	PS	DFPS
CICLO	1	10368 **	7001 **	23220 **	4201 **	28884061250 **	391673401 **	22548738735 **
REP(CICLO)	4	3.875	1.847222	75	51.73	65210013	2222331.9	56745469
ESP	3	1437 **	800 **	500 **	9093.9 **	4263922604 **	76267220 **	3260136953 **
GEN(ESP)	8	22.6 **	39.7 **	35 **	205.9 **	118721411 **	7487772.2	76476872 **
AVENA	2	18.50 **	13.7 *	18.50 *	293.0 **	40232217	11457356	11140272
TRIGO	2	52.7 **	138 **	30 *	104 *	40411572	9388872 *	10844672
CEBADA	2	16 **	6.5 *	55 **	39	135942450 **	3662822 **	95014372 **
TRITICALE	2	3.38	0.5	37.72 **	387.5 **	258299406 **	5442039	188908172 **
ESP*CICLO	3	338.7 **	157.5 **	34 *	1001 **	147605720 *	13881283 *	133057279 **
Error	52	5.89	4.61	10.25	36.45	37281420	4047355.2	23315317
Total	71							
C. V.		3.95	3.25	2.79	5.72	13.19	27.41	12.39

FV: fuentes de variación. GL: grados de libertad. CM: cuadrados medios. DEM: días a embuche. DE: días a espigamiento. DM: días a madurez. AP: Altura de planta. PF: peso fresco. PS: peso seco. DFPS: diferencias de PS. REP(CICLO): repetición. ESP: especie. GEN(ESP): genotipos. ESP*CICLO: interacción de primer grado de especie y ciclo. C.V: coeficiente de variación. *: diferencias significativas. **: diferencias Altamente significativas.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los análisis de varianza realizados para rendimiento y las variables de calidad del forraje.

Cuadro 3. Análisis de varianza de rendimiento de grano, porcentaje de proteína, porcentaje de cenizas, porcentaje de grasas, porcentaje de fibra, porcentaje de humedad y porcentaje de carbohidratos.

FV	GL	REND	Proteína	Ceniza	Grasas	Fibra	Carbohidratos
REP	2	1156144	1.238	0.412	0.192 *	2.587	10.136
ESP	3	3814108 **	11.80 **	25.63 **	8.44 **	403.73 **	346.02 **
GEN(ESP)	8	11562387 **	3.752 **	3.744 **	2.30 **	54.79 **	71.15 **
AVENA	2	23147748 **	0.107	1.82 *	0.174 **	139.34 **	183.05 **
TRIGO	2	6185526 **	0.918	1.513 *	1.733 **	49.991	58.62
CEBADA	2	9593871 *	8.62 *	3.51 *	0.13 **	6.95 **	2.67
TRITICALE	2	7322405 *	5.35 **	8.121	7.185 **	22.90 *	40.27 *
ERROR	22	450764	0.697	0.535	0.038	3.05	4.478
TOTAL	35						
CV		16.7	7.421	5.409	3.545	4.42	3.03

FV: fuentes de variación. GL: grados de libertad. CM: cuadrados medios. REND: rendimiento de grano. REP: repetición. ESP: especie. GEN(ESP): genotipos. C. V: coeficiente de variación. *: diferencias significativas. **: diferencias altamente significativas.





Se detectaron diferencias altamente significativas para especies (ESP) y genotipos dentro de especies (GEN(ESP)) para todas las variables evaluadas. Entre variedades de avena se detectaron diferencias altamente significativas en rendimiento, grasas, fibra y carbohidratos y significativas para cenizas. Entre variedades de trigo se detectaron diferencias altamente significativas en rendimiento y grasas, y significativas en cenizas. En cebada se obtuvieron diferencias altamente significativas entre variedades en grasas y fibra, y significativas en rendimiento de grano, proteína, y cenizas. Entre variedades de triticale se observaron diferencias altamente significativas en proteína y grasas, y significativas en rendimiento, fibra y carbohidratos.

Comparación de medias para ciclos

En el Cuadro 4 se presentan las comparaciones de medias para ciclos para las variables agronómicas estudiadas: DEM, DE, DM, AP, PF, PS y DIFPS. Se observó que el ciclo de otoño invierno (OI) 16-17, con una menor temperatura media a través del ciclo, obtuvo los valores mayores en todas las variables. Las diferencias en longitud del ciclo biológico (20 y 36 días para DE y EM, respectivamente) impactaron la producción de biomasa tanto en peso fresco (diferencias de 40,058 kg/ha) como en peso seco (diferencias 4,655 kg/ha). La velocidad de maduración por efecto de la temperatura ha sido documentada por Faix (1974) quien mostró que la alfalfa cultivada a 17°C tardó 52 días en alcanzar la floración, pero sólo 21 días a 32°C. La reducción del ciclo de vida de los cultivos origina plantas más pequeñas y con menor potencial de rendimiento (Hatfield y Prueger, 2015)

Cuadro 4. Comparaciones de medias por Tukey para el factor de ciclos de días a embuche, días a espigamiento, días a madurez, altura de planta, peso fresco, peso seco y diferencias de PS.

Ciclo	DEM (días)	DE (días)	DM (días)	AP (cm)	PF (kg/ha)	PS (kg/ha)	DIFPS (kg/ha)
PV - 17	49.4 b	56.1 b	96.5 b	97.7 b	26256 b	5007.2 b	21249 b
OI 16-17	73.4 a	75.8 a	132.5 a	113.05 a	66314 a	9671.9 a	56642 a
DMS	1.14	1.01	1.51	2.85	2887.8	951.49	2283.7

DEM: días a embuche. DE: días a espigamiento. DM: días a madurez. AP: Altura de planta. PF: peso fresco. PS: peso seco. DFPS: diferencias de PS. PV:ciclo de primavera verano. OI: ciclo de otoño invierno. DMS: diferencias mínimas significativas. Medias seguidas de letras diferentes indican que hay diferencia significativa.





Comparación de medias para especies

La comparación de medias para especies mostró que el trigo registró un ciclo más largo (Tukey 0.05) a embuche (EMB) que las otras tres especies, sin embargo, en días a espigamiento y madurez obtuvo valores iguales estadísticamente a la avena y triticale y superiores a la cebada. En AP, PF y PS la avena superó estadísticamente a las otras tres especies. El triticale superó al trigo en altura de planta, pero fue igual estadísticamente en PF y PS. La cebada fue inferior en estos tres caracteres a la avena, trigo y triticale. En rendimiento de grano no se observaron diferencias estadísticas entre trigo, avena y cebada, pero estos tres cultivos superaron el rendimiento obtenido por el triticale. Las diferencias entre peso fresco y seco fueron mayores en la avena, entre trigo y triticale no hubo diferencias y la cebada fue inferior a los otros tres cultivos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparaciones de medias por Tukey para el factor de especies de días a embuche, días a espigamiento, días a madurez, altura de planta, peso fresco, peso seco, rendimiento de grano y diferencias de PS.

Especie	DEM (días)	DE (días)	DM (días)	AP (cm)	PF (Kg/ha)	PS (Kg/ha)	Rend. grano (Kg/ha)	DIFPS (Kg/ha)
Avena	64.1 b	69.05 a	117.5 a	136.1 a	68540 a	9906.1 a	4160 a	58634 a
Cebada	48.8 c	56 b	106.7 b	83.8 d	33235 c	4868.9 c	3914 ab	28366 c
Trigo	69.8 a	70 a	117.8 a	95 c	40521 b	7204.4 b	4788 a	33316 b
Triticale	62.7 b	68.8 a	116.05 a	106.6 b	42844 b	7378.9 b	3214 b	35466 b
DMS	2.14	1.9	2.83	5.34	5401.8	1779.8	878.9	4271.9

DEM: días a embuche. DE: días a espigamiento. DM: días a madurez. AP: Altura de planta. PF: peso fresco. PS: peso seco. DFPS: diferencias de PS. REN: rendimiento de grano. DM: diferencias mínimas significativas. Medias seguidas de letras diferentes indican diferencia significativa.

En el Cuadro 6 se observa que la avena y el trigo registraron los mayores porcentajes de proteína (12.56 y 11.84%, respectivamente), superando estadísticamente a los obtenidos por la cebada y el triticale. El contenido de proteína es un factor alimenticio importante *per se*; así, alimentos con alto contenido de proteína, son también considerados de alta calidad (Juskiw *et al.*, 2000). En evaluación de calidad forrajera, Castro (1976) reporta que, en cebada, avena, trigo y triticale, no hubo diferencia en contenido de proteína entre especies, encontrándose un promedio de 35% en las primeras etapas de desarrollo y 7% a la mitad del espigamiento. En porcentaje de cenizas, la avena superó a las otras tres especies, mientras





que la cebada y el triticale fueron superiores al trigo. El triticale registró el mayor porcentaje de grasas, seguido de avena y trigo; la avena superó a la cebada pero no al trigo. El trigo registró el mayor contenido de fibra, le siguieron avena y cebada que no difirieron significativamente, mientras que el triticale registró el menor valor. En este parámetro todos los cultivos califican como de buena calidad de acuerdo con Herrera (1999), quién señala que los forrajes de baja calidad son aquellos cuyo porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) es mayor al 60% y la fibra detergente ácido (FDA) mayor a 35%. En este caso, el mejor forraje lo obtuvo el triticale y el peor el trigo. En carbohidratos, se obtuvo un valor similar a porcentaje de fibra, con el trigo con el mayor valor, seguido de la avena, cebada y triticale.

Cuadro 6. Comparaciones de medias por Tukey, para el factor de especies de porcentajes de proteína, ceniza, grasas, fibra, humedad y carbohidratos en las especies de grano pequeño.

Especie	Proteína (%)	Ceniza (%)	Grasas (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
Avena	12.56 a	15.62 a	5.22 b	39.71 b	73.07 b
Cebada	10.11 b	13.61 b	4.92 c	38.21 b	66.82 c
Trigo	11.84 a	11.49 c	5.11 bc	48.15 a	76.50 a
Triticale	10.50 b	13.36 b	7.0 a	31.88 c	62.67 d
DSH	1.09	0.95	0.25	2.28	2.77

DSH: diferencia significativa honesta de Tukey 0.05. Medias seguidas de letras diferentes indican diferencia significativa.

Conclusiones

1. Los ciclos biológicos de la avena, trigo y triticale fueron superiores al de la cebada. La avena fue superior en AP, producción de forraje fresco y seco a las otras tres especies evaluadas. 2. En rendimiento de grano avena y trigo superaron el rendimiento del triticale, pero no el de la cebada. 3. Avena y trigo obtuvieron los mayores porcentajes de proteína, sin embargo, la avena fue superior al trigo en la calidad de fibra cruda. No obstante obtener menores niveles de proteína, el triticale registró mayor calidad de fibra cruda que la avena. 4. Se observó alta asociación entre la AP con la producción de forraje fresco y seco. El rendimiento de grano no mostró asociación con la producción de biomasa en fresco o en seco.





Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al INIFAP por el financiamiento parcial de los trabajos de investigación que condujeron a la obtención de los resultados presentados en este documento, Proyecto Fiscal (número de proyecto SIGI: 9571634495) “GWAS para identificación de asociaciones carácter fenotípico-marcador involucrados en la estabilidad del rendimiento del trigo a través de ambientes”.

Literatura citada

- Castro, A. L. 1976. Rendimiento y calidad forrajera de cinco cereales evaluados en diferentes estados de desarrollo vegetativo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 49-53 p.
- Faix, J. F. 1974. The effect of temperature and day length on the quality of morphological components of three legumes. Tesis de doctorado. Cornell University. Ithaca, NY, USA.
- Hernández, A. J. A., C. A. Rosales N., C. Loredo O. y S. Beltrán L. 2007. Variedades de forrajes anuales para temporal en el altiplano y la zona media de San Luis Potosí. Folleto para Productores No. 44. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P., México. 18 p.
- Herrera, S. R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de forraje. P. 133-137. *In*: Segundo Taller Nacional de Especialidades de Maíz. Saltillo, Coah., México.
- Hatfield, J. L. and J. H. Prueger. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10:4-10.
- Juskiw, P. E., J. H. Helm and D. F. Salmon. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40:138-147.





EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL CICLO DE CULTIVO DEL SORGO DULCE PARA EL ESTADO DE TAMAULIPAS, MÉXICO

Patricia Aguilar Sánchez^{67*}, Alma X. Ibarra Jiménez⁶⁸, Noé Montes García⁶⁹, Sergio Uribe Gómez⁷⁰ y
Guadalupe Aguilar Uscanga⁷¹

Resumen

Diversos procesos se ven afectados por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y una de las partes más importantes son los cultivos, ya que son la fuente de materia prima necesaria para la producción de bioproductos. El sorgo dulce, es un cultivo que se ha estudiado para la producción de biocombustibles, principalmente porque es un cultivo que no compite con los alimentos en México, además de que brinda otros beneficios en comparación con la caña de azúcar. En la actualidad, existe una controversia para la generación de biocombustibles, los cuales proceden de materiales vegetales, y en ocasiones la emisión de GEI resultan ser altos por algunos puntos del proceso en donde se utilizan insumos y energía provenientes de combustibles fósiles. Por esta razón, en este trabajo se calcularon los GEI generados durante el ciclo de cultivo del sorgo dulce, bajo las condiciones del estado de Tamaulipas. Para esto, se realizó un inventario de información, misma que sirvió para alimentar la calculadora de la RSB (Roundtable on Sustainable Biofuels), para su posterior interpretación. Los resultados mostraron que el uso de fertilizantes nitrogenados, así como el uso de combustibles fósiles durante el proceso del cultivo fueron los principales contribuyentes de CO₂ equivalente.

Palabras clave: dióxido de carbono, biomasa, fertilizantes, nitrógeno

⁶⁷ Campo Experimental San Martinito. INIFAP. *aguilar.patricia@inifap.gob.mx

⁶⁸ Campo Experimental La Posta. INIFAP.

⁶⁹ Campo Experimental Río Bravo. INIFAP.

⁷⁰ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP.

⁷¹ Instituto Tecnológico de Veracruz.





Introducción

El carbono es la base química de toda la vida en la tierra; este elemento al combinarse con el oxígeno, hidrógeno y otros elementos forman compuestos orgánicos que toman formas gaseosas, líquidas y sólidas. A través de la fotosíntesis, las plantas capturan carbono del dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera y usan la luz del sol como fuente de energía para producir material orgánico complejo rico en energía. Todos los organismos respiran para liberar la energía en material orgánico que utilizan para su beneficio y, como consecuencia, liberan CO_2 . En la atmósfera, el CO_2 es relativamente bajo, 0.04%, pero a diferencia del nitrógeno y el oxígeno que forman alrededor del 99% del aire, absorbe, retiene y libera energía de la radiación infrarroja que proviene de la tierra, después de que ha sido calentado por la radiación de longitud de onda más corta del sol. Junto con otros gases mucho más escasos, actúa como un cobertor que atrapa el calor y eleva la temperatura de nuestro planeta; el proceso se conoce como el efecto invernadero y los gases se llaman gases de efecto invernadero (GEI). El proceso es importante para crear y mantener las temperaturas que soportan la vida; sin él, la temperatura de la tierra sería en promedio 30°C más fría. La baja concentración de CO_2 en la atmósfera significa que las emisiones relativamente pequeñas de C previamente fijado a la atmósfera tendrán un impacto notable en la temperatura global (Drewer *et al.*, 2018).

Existe una necesidad urgente de explorar las fuentes de energía renovables y sostenibles a partir de biomasa, que no sólo pueden satisfacer nuestras necesidades energéticas sino, lo que es más importante, mitigar el impacto adverso sobre el medioambiente y ser económicamente viable (Mathur *et al.*, 2017; Uludere *et al.*, 2017; Ahmad Dar *et al.*, 2018).

Actualmente, alrededor del 2.5% de los combustibles para el transporte del mundo se producen a partir de las plantas de cultivo como: maíz, caña de azúcar y los aceites vegetales. Sin embargo, tanto el maíz como la caña de azúcar son cultivos alimenticios. El uso extensivo de estos cultivos como materia prima para biocombustibles no sólo amenazará la seguridad alimentaria, sino que también competirá con otros cultivos para el riego y los recursos de tierras cultivables. Por lo tanto, la biomasa lignocelulósica y las plantas que pueden cultivarse en tierras marginales han atraído la atención de los investigadores (Mathur *et al.*, 2017).





Los sorgos constituyen un gran número de plantas que se encuentran incluidas en el género *Sorghum* de la familia de las gramíneas (Negro *et al.*, 1998). El sorgo es un cultivo anual con una variabilidad considerable en sus características de crecimiento. Las alturas varían desde 0.45 m para los tipos de sorgo de grano hasta más de 4.87 m para los tipos dulces y forrajeros. El espesor de los tallos también varía, oscilando entre 1.27 y 3.81 cm. Las abrazaderas o raíces de sostén a menudo crecen desde los nódulos inferiores. El contenido de jugo de los tallos en la madurez es típicamente menor en los genotipos de grano y forraje en comparación con los tipos dulces. Después de cosechar los tallos, la mayoría de las variedades volverán a crecer o retoñar, aunque los rendimientos pueden verse afectados. El sorgo dulce es un cultivo de estación cálida que tolera la sequía y las altas temperaturas mejor que muchos cultivos, pero no crece bien a bajas temperaturas. El sorgo dulce se puede producir en una amplia variedad de tipos de suelos, pero los rendimientos son generalmente más altos en suelos profundos, bien drenados y con buena fertilidad. El nitrógeno generalmente tiene el mayor impacto en los rendimientos y probablemente es necesario en la mayoría de los suelos. Las plantas de sorgo tienen diversas cualidades, entre ellas su alta resistencia al calor y a la falta de agua (Negro *et al.*, 1998). El sorgo dulce, con la variedad de características de adaptación y bajos requisitos de entrada, es uno de los principales candidatos para ser la materia prima en la generación de biocombustibles (Mathur *et al.*, 2017).

El objetivo de este trabajo fue la determinación de gases de efecto invernadero para el ciclo de cultivo del sorgo dulce en el estado de Tamaulipas, México.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un inventario de variables relacionadas al cultivo de sorgo dulce, bajo las condiciones del estado de Tamaulipas. La información se obtuvo de resultados preliminares que forman parte del proyecto titulado “Bioetanol de segunda generación a partir de residuos agroindustriales y enzimas obtenidas de microorganismos autóctonos SAGARPA/CONACYT-2018”. El trabajo se realizó en el Campo Experimental Río Bravo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.





Los datos requeridos fueron los siguientes: información geográfica (ecozona, lluvia anual, tipo de suelo, rendimiento), coproductos (rendimiento, contenido de humedad), trabajo mecánico (preparación de campo, diésel, tiempo), irrigación (diésel, gas natural, electricidad), tipo de recolección (diésel, tiempo), fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio) y pesticidas.

Las emisiones generadas en la fase agrícola se calcularon por medio de la herramienta de la RSB (2014), en donde se pueden introducir los datos del inventario en la calculadora del sistema, la liga para su consulta es la siguiente: <http://www.rsb.org/ghgcalc/>.

Resultados y discusión

La descripción de los factores de cálculo se muestra a detalle en el Cuadro 1, de acuerdo a la calculadora de la RSB; mientras que, en la Figura 1 se presentan los porcentajes de materiales, energía y emisiones. En esta figura se muestra que, en cuestiones de materiales y energía, la producción de los fertilizantes son los que aportan la mayor cantidad de CO₂ equivalente con un aporte de 0.00696 kg, seguido del proceso mecánico con 0.00079 kg de CO₂ equivalente. Los factores de semilla y producción de pesticidas se muestran insignificantes, con respecto a los anteriores, con valores menores a 0.0001 kg de CO₂ equivalente. En cuanto a las emisiones generadas, el monóxido de dinitrógeno fueron las más altas con 0.00923 kg de CO₂ equivalente, este gas es considerado uno de los gases de efecto invernadero más poderoso, provocado principalmente por el uso de fertilizantes nitrogenados. El dióxido de carbono por el uso de energía fósil también presentó un valor alto con 0.00269 kg de CO₂ equivalente, esto debido al uso de combustibles fósiles en el proceso de cultivo.

Estudios que han evaluado al cultivo de sorgo dulce como biomasa para la generación de biocombustibles líquidos, indican que los fertilizantes son los causantes de la mayor cantidad de emisiones que afectan el ciclo de vida de la producción de un biocombustible (Aguilar *et al.*, 2018; Ahmad Dar *et al.*, 2018).



Cuadro 1. Factores reales, de acuerdo a la información del cultivo de sorgo dulce, bajo las condiciones de Tamaulipas.

Factores de cálculo detallados- Entradas			
Nombre Categoría	Flujo de resultados por kg de producto (asignado) [kg]	Factor de impacto por unidad [kg CO2eq/kg]	Impacto por kg de producto (asignado) [kg CO2eq/kg]
Urea, como N (fertilizante mineral)	0.00171426	*3.30370000	0.00566341
Triple superfosfato, como P2O5 (fertilizante mineral)	0.00057142	*2.02160000	0.00115518
Cloruro de potasio, como K2O (fertilizante mineral)	0.00028571	*0.49737000	0.00014210
Pesticida, 24D (herbicida)	0.00000571	*10.07700000	0.00005758
Irrigación (uso de diésel)	0.00254996	*0.30892000	0.00078773
Irrigación (uso de gas natural)	0.00005012	*0.06690700	0.00000335
Granos de sorgo dulce	0.00007143	*0.29176000	0.00002084
Factores de cálculo detallados- Emisiones			
Dióxido de carbono, fósil (emisiones)	0.00003098	*298.00000000	0.00923179
Monóxido de dinitrógeno (emisiones)	0.00269139	*1.00000000	0.00269139

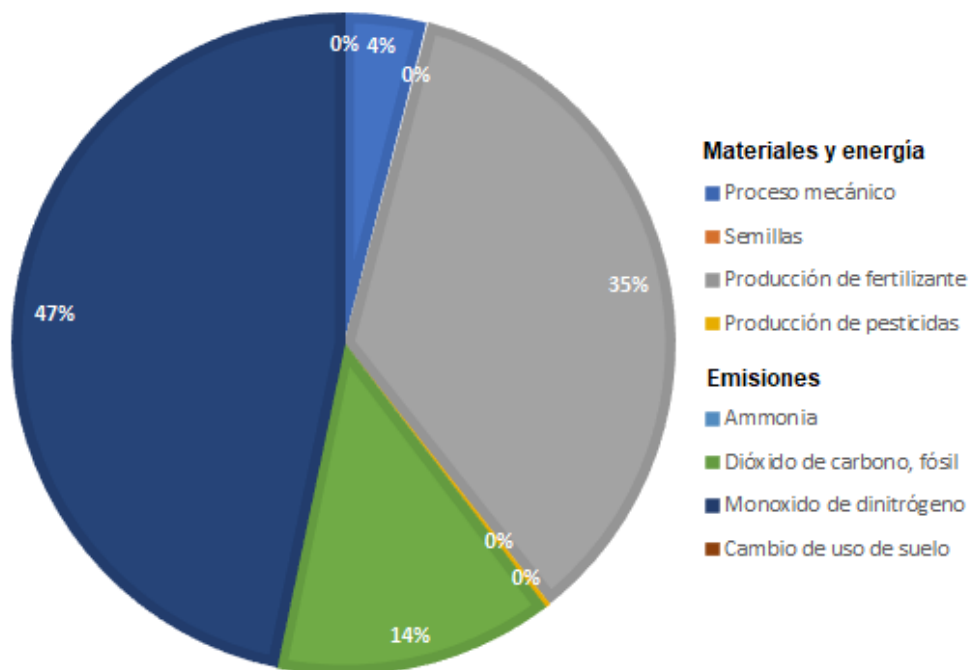


Figura 1. Descripción de los factores de cálculo.



Conclusiones

1. El sorgo es un cultivo que en recientes años se ha visualizado como materia prima para la generación de biocombustibles, principalmente el sorgo dulce, el cual tiene características similares a la de la caña, pero con más beneficios agronómicos. Sin embargo, es importante destacar que la intensificación de las prácticas agronómicas en la producción de biocombustibles y la eliminación total de la biomasa vegetal reduce potencialmente la calidad del suelo. 2. El uso de fertilizantes mostró la mayor cantidad de emisiones, por el uso de nitrógeno, por lo que es importante buscar alternativas menos agresivas al medio ambiente para mejorar el manejo del cultivo de sorgo dulce. 3. Durante el análisis de estos trabajos, es importante contar con información real, de acuerdo a las condiciones de cada país, región y localidad, sin esta información, los análisis mantienen cierta incertidumbre en los resultados.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue apoyado por el proyecto denominado: Bioetanol de segunda generación a partir de residuos agroindustriales y enzimas obtenidas de microorganismos autóctonos SAGARPA-CONACYT, S0026-2017-03.

Literatura citada

- Aguilar, S. P., F. S. Navarro P., J. C. Sacramento R. and L. F. Barahona P. 2018. Life-cycle assessment of bioethanol production from sweet sorghum stalks cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Clean Technologies and Environmental Policy* 20(7):1685-1696.
- Ahmad Dar, R., E. Ahmad Dar, A. Kaur and U. Gupta P. 2018. Sweet sorghum-a promising alternative feedstock for biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82:4070-4090.





- Mathur, S., A. V. Umakanth, V. A. Tonapi, R. Sharma and M. K. Sharma. 2017. Sweet sorghum as biofuel feedstock: recent advances and available resources. *Biotechnology for Biofuels* 10:146.
- Negro, M. J., L. Solano M., J. Carrasco y P. Ciria. 1998. Cultivo de sorgo dulce. Efecto de las aplicaciones de Compost. Informes Técnicos CIEMAT 854. Departamento de Energías Renovables. Ciudad Universitaria. Madrid, España. 29 p.
- RSB (Roundtable on Sustainable Biofuels). 2014. Greenhouse Gas Calculation- RSB GHG Calculator. <http://www.rsb.org/ghgcalc/>. [consultado en agosto de 2018].
- Uludere, A. N., M. Wagner, M. Wang, A. M. Broadbent, N. Parker, and M. Georgescu. 2017. Sustainable land management for bioenergy crops. *Energy Procedia* 125:379-388.





AVANCES EN RENDIMIENTO EN FAMILIAS DE TRIGO HARINERO DESARROLLADORAS PARA TOLERANCIA A CALOR Y SEQUÍA

Lourdes Ledesma Ramírez^{72*}, Ernesto Solís Moya⁷³, Gabriel Iturriaga de la Fuente⁷², Sukhwinder Singh⁷⁴, Luis Antonio Mariscal Amaro⁷³, César Leobardo Aguirre Mancilla⁷² y Juan Gabriel Ramírez Pimentel⁷²

Resumen

En 2050 seremos 9.7 mil millones de seres humanos en la tierra, 2.2 mil millones más de los que hay ahora. Según un reporte de la ONU, la población mundial aumenta en 83 millones de individuos cada año. En 2030 llegará a 8.6 mil millones de personas y a 11.2 mil millones en 2100. El trigo es un cultivo que aporta el 20% del total de las calorías y proteínas de la alimentación mundial. Con el aumento de la población, en consecuencia, la demanda de este cultivo subirá un 60%. El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación fenotípica y evaluar los avances en rendimiento de 33 cruzas de trigo harinero desarrollados entre cruzas con líneas élite y progenitores con características de tolerancia a calor y sequía. El material biológico consistió de 165 líneas avanzadas F7 de trigo desarrolladas para calor y sequía y cinco variedades adaptadas a la región del Bajío provenientes del Programa de Mejoramiento de Trigo del Campo Experimental Bajío del INIFAP. Los resultados mostraron que las familias son de ciclo más largo que los testigos, aunque un bajo porcentaje es más precoz. El porte de la planta de los testigos es erecto o semierecto, mientras que, en las familias predominan los tipos intermedios y semipostrados. Se registraron diferencias significativas en rendimiento, pero ninguna familia superó significativamente ($Tukey \leq 0.05$) al promedio de los testigos. La mayoría de las líneas y los testigos presentaron niveles intermedios de roya, aunque un gran número de líneas registró niveles más altos de roya que los testigos. En biomasa, la mayoría de las líneas presentaron valores medios, destacando los genotipos susceptibles que registraron valores muy bajos. Se observó una asociación positiva alta entre el rendimiento, altura de planta y la biomasa, así como, una alta asociación

⁷² Instituto Tecnológico de Roque. *lulis_amigui@hotmail.com.

⁷³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

⁷⁴ Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.





positiva entre porte de planta, días a floración y días a madurez. Las familias 14 y 12 obtuvieron el mayor rendimiento, superior en 12.4 y 10.3% al obtenido por el promedio de los testigos y hasta en 30.5 y 28% en relación a la familia de menor rendimiento.

Palabras clave: diversidad genética, cruzas, programas de mejoramiento, progenitores

Introducción

En 2050 seremos 9.7 mil millones de seres humanos en la tierra, 2.2 mil millones más de los que hay ahora. Según un reporte de la ONU, la población mundial aumenta en 83 millones de individuos cada año. En 2030 llegará a 8.6 mil millones de personas y a 11.2 mil millones en 2100. El trigo es un cultivo que aporta el 20% del total de las calorías y proteínas de la alimentación mundial. Con el aumento de la población, en consecuencia, la demanda de este cultivo subirá un 60%. Ante las condiciones cambiantes del medio, la diversidad genética determina el potencial de respuestas que permitan la supervivencia y la adaptación (Fontdevila y Moya, 1999). La diversidad genética proporciona un seguro (valor de opción) frente a futuras condiciones adversas. Los recursos genéticos pueden proporcionar características útiles, tales como la resistencia a nuevas enfermedades o la adaptabilidad a nuevas condiciones climáticas (Caruso *et al.*, 2015).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación fenotípica y evaluar los avances en rendimiento de 33 cruzas de trigo harinero desarrollados entre cruzas con líneas elite y progenitores con características de tolerancia a calor y sequía.

Materiales y métodos

El material biológico consistió de 165 líneas avanzadas F7 de trigo desarrolladas para calor y sequía y cinco variedades adaptadas a la región del Bajío provenientes del Programa de Mejoramiento de Trigo del Campo Experimental Bajío del INIFAP (Cuadro 1). Estas líneas fueron obtenidas de 33 cruzas (cinco por cruza) de diversos progenitores.





Durante el ciclo otoño invierno 2015-16 se sembraron 170 genotipos de trigo harinero, dentro de este grupo se incluyeron como testigos variedades de Bajío. Se prepararon tres experimentos, que se sembraron en el Parque Agrotecnológico Xonotli, en el INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ) y en La Barca, Jalisco. El diseño fue en bloques completamente al azar con dos repeticiones.

La parcela experimental fue dos surcos de dos hilos de 2 m, la densidad de siembra fue de 46 kg/ha. Se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00. El calendario de riego utilizado fue de cinco riegos, a los 0, 35, 65, 85 y 100 días.

Las variables medidas fueron:

- Porte de planta (PP): escala de 1 al 5, donde 1 es erecto, 2 semierecto, 3 intermedio, 4 semiprostrado y 5 prostrado.
- Biomasa: escala de 1 al 5, donde 1 es muy baja, 2, baja, 3 intermedia, 4 alta y 5 muy alta biomasa.
- Días a floración (DFLOR).
- Días a madurez (DMAD).
- Porcentaje de daño por roya lineal amarilla (ROYA).
- Altura de planta.
- Rendimiento kg/ha (REND).

Se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa R estudio versión 3.4.1 y análisis de varianza, contrastes ortogonales y pruebas de comparaciones de medias utilizando el programa SAS versión 9.3.

Cuadro 1. Cruzas biparentales y testigos incluidos en el estudio.

Familias	PEDIGREE O CRUZA
1	68.111/RGB-U//WARD RESEL/3/STIL/4/AE.SQUARROSA (188)/5/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1/6/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI
2	68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (388)/7/SHA7/VEE#5/5/VEE#8//JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WEAVER/6/SKAUZ/PARUS//PARUS/8/CNDO/R143//ENT E/MEXI_2/3/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)/4/WEAVER/5/PICUS/6/TROST/7/TACUPETO F2001
3	68.111/RGB-U//WARD/3/AE.SQUARROSA (452)/4/2*OASIS/SKAUZ//4*BCN/5/NAVJ07/6/KACHU
4	68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (809)/6/CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92*2/5/FH6-1-7/7/KACHU #1/KIRITATI//KACHU
5	68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (878)/6/ATTILA*2/PBW65//MURGA/7/REEDLING #1
6	ARVAND 1/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI
7	BCN//CETA/AE.SEARSII (34D)/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI





Continúa Cuadro 1...

Familias	PEDIGREE O CRUZA
8	BCN//SORA/AE.SQUARROSA (323)/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI
9	CETA/AE.SQUARROSA (1025)//KACHU/3/BAJ #1
10	CETA/AE.SQUARROSA (681)//KACHU/3/BAJ #1
11	CHEN/AE.SQ//2*OPATA/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI
12	CHEN/AE.SQ//2*OPATA/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
13	CHEN/AE.SQ//WEAVER/3/VILLA JUAREZ F2009/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1
14	CHEN/AE.SQ//WEAVER/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
15	CROC_1/AE.SQUARROSA (298)//KACHU/3/BAJ #1
16	CROC_1/AE.SQUARROSA (466)//KACHU/3/BAJ #1
17	CROC_1/AE.SQUARROSA (481)//KACHU/3/BAJ #1
18	CROC_1/AE.SQUARROSA (517)//KACHU/3/BAJ #1
19	DOY1/AE.SQUARROSA (1024)//KACHU/3/BAJ #1
20	H-1442/KACHU//BAJ #1
21	IG 122793/VILLA JUAREZ F2009/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1
22	IG 131673/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
23	IG 41506/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
24	IG 41514/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
25	IG 41654/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
26	IG 42153/KACHU//BAJ #1
27	IRAQ-34/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
28	IWA8611400/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI
29	JAL95.4.3/3/KACHU #1/KIRITATI//KACHU
30	KE90-282/MILAN//KACHU/3/BAJ #1
31	SABUF/4/ALTAR 84/AE.SQUARROSA (224)//CUPE/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//F27202/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU
32	SCOOP_1/AE.SQUARROSA (634)//KACHU/3/BAJ #1
33	T.DICOCCON CI9309/AE.SQUARROSA (1027)//WHEAR/KRONSTAD F2004/7/SHA7/VEE#5/5/VEE#8//JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WEAVER/6/SKAUZ/PARUS//PARUS
34	URBINA S2007 (Testigo)
35	Cisne F2016 V-25 1R (Testigo)
36	ALONDRA F2014 (Testigo)
37	BARCENAS S2002 (Testigo)
38	CORTAZAR S94 (Testigo)





Resultados y discusión

Análisis de componentes principales

Los valores propios de la matriz de correlaciones mostraron que los primeros dos componentes principales representan el 49% de la variación total (PC1 31% y PC2 18%). Este valor se considera un porcentaje próximo al adecuado para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005). Los resultados de los vectores propios muestran que el primer componente principal (CP1) presenta asociación negativa con las variables originales DFLOR y de DMAD. En el segundo componente (CP2) se mostró asociación negativa con la variable YR y asociación positiva con REND (Cuadro 2).

Cuadro 2. Correlaciones de los autovectores con las variables de genotipos de trigo evaluados en tres localidades en el ciclo OI 2015-16.

Variables	CP1	CP2
TP	-0.426	-0.338
BIO	-0.040	0.409
DFLOR	-0.578	-0.172
DMAD	-0.547	-0.211
AP	-0.117	0.219
YR	0.288	-0.479
REND	-0.295	0.606

TP: tipo de porte. BIO: biomasa. DFLOR: días a floración. DMAD: días a madurez. AP: Altura de planta. YR: porcentaje de roya lineal amarilla. REND: rendimiento de gran. CP1: componente principal 1. CP2: componente principal 2.

La elipse del germoplasma de las variedades de Bajío (testigos) presentó mayor variación en el plano del CP2, esto es, los genotipos presentaron variación alta en las variables REND, BIO y YR y son muy similares en longitud de ciclo, porte y altura de planta (baja variación en el plano del CP1). Las líneas de las familias presentaron variación en ambos componentes principales, en general se observó que las familias son de ciclo más largo que los testigos, aunque un bajo porcentaje es más precoz. El porte de la planta de los testigos es erecto o semierecto, mientras que, en las familias predominan los tipos intermedios y semipostrados. Un porcentaje alto de líneas superó el rendimiento de los testigos, los más destacados fueron





Urbina S2007 y Cisne F2016. La mayoría de las líneas y los testigos presentaron niveles intermedios de roya, aunque un gran número de líneas registró niveles más altos de roya que los testigos. En biomasa la mayoría de las líneas presentaron valores medios, destacando los genotipos susceptibles que registraron valores muy bajos. El ángulo de los vectores de las variables indicó que existe asociación alta entre el rendimiento, altura de planta y la biomasa; también indicó que existe una alta asociación entre porte de planta, días a floración y días a madurez. Por otra parte, el ángulo cercano a 180 grados entre rendimiento con porcentaje de severidad de roya indica una asociación negativa entre estas variables. Diversos estudios han mostrado alta asociación entre rendimiento y biomasa en trigo y señalan que una mayor producción de biomasa podría ser la causa principal de incrementos en rendimiento en cultivares modernos (Shearman *et al.*, 2005; Ebrahimnejad y Rameeh, 2016).

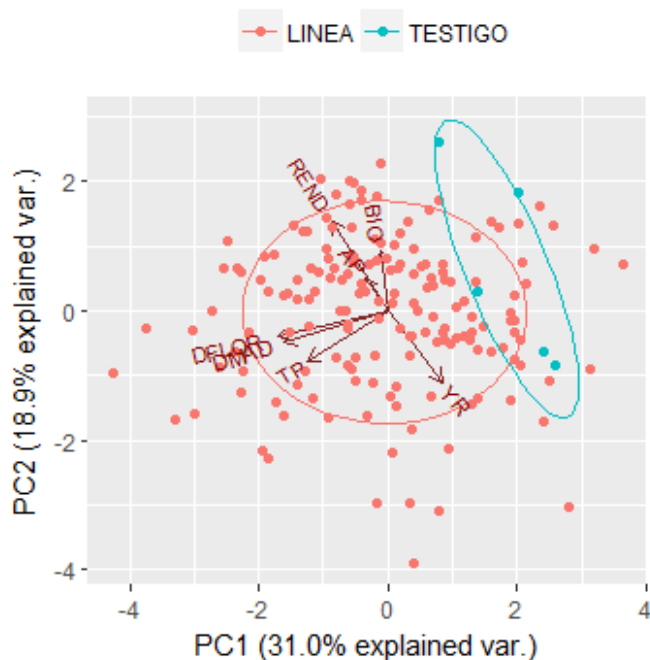


Figura 1. Biplot de las características agronómicas evaluadas en 170 genotipos de trigo evaluados en tres localidades en el ciclo otoño invierno 2015-16.

Análisis del rendimiento de grano

En el análisis de varianza para rendimiento de grano se detectaron diferencias altamente significativas para localidades, tratamientos (comparación individual de las 170 entradas),





material experimental (comparación individual de las 165 líneas de las familias), familias (33 familias), en la interacción de primer grado de localidad por tratamiento y en la interacción de localidad por familia; en el contraste testigos contra familias no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza de los tratamientos incluidos en el estudio.

FV	GL	SC	CM	Valor F	Pr>F
LOC	2	571623329	285811665	382.09	<.0001
REP(LOC)	3	5978408	1992803	2.66	0.0473
Tratamientos	169	330667837	1956614	2.62	<.0001
Mat. Experimental	164	317583024	1936482	2.61	<.0001
Familia	32	174117919	5441185	6.02	<.0001
Trat(Familias)	132	143465105	1086857	1.06	0.3241
LOC*TRAT	338	504595707	1492887	2.00	<.0001
LOC*Familia	64	183872876	2873014	3.18	<.0001
Testigos vs familias	1	60179	60179	0.04	0.8481
Error	507	379249955	748028		
Total corregido	1019	1792115236			
CV	15.20				

FV: fuentes de variación. GL: grados libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrados medios. PR>F: probabilidad. LOC: localidad. MAT.: material. TRAT: tratamientos. CV: coeficiente de variación.

La comparación de medias (Cuadro 4) mostró que la familia más rendidora (14) superó estadísticamente a 11 familias (Tukey ≤ 0.05), pero no al promedio de los testigos (34). La familia

14CHEN/AE.SQ//WEAVER/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SN I/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU superó a los testigos con 12.4% y a la familia menos productiva con 30.5%. Sin embargo, la línea más productiva perteneció a la familia cinco que registró un rendimiento de 7,217 kg/ha. Las diferencias entre líneas dentro de familias fueron de 121 (22) a 1884 (17), los testigos (34) mostraron también una variación alta 1,662 kg/ha. Al incluir en el análisis solo las tres líneas más productivas de cada familia nuevamente la familia 14 resultó ser las más productiva, aunque en este caso solo superó al promedio de los testigos con 5.9% y a la familia menos productiva con 28.5%. Sin embargo, aunque no existen diferencias significativas entre la familia con mayor rendimiento y el





promedio de los testigos (2% por año) son mayores a las reportadas en el germoplasma de CIMMYT (1% por año) de 1994 a 2010 (Manes *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Comparaciones de medias por Tukey en las 33 familias y los testigos

Familia/Testigos*	Rendimiento (kg/ha)	Mejores 3 líneas (kg/ha)	Rango (kg/ha)	
1	5500 abcde	5717 abc	5037	6067
2	5522 abcde	5744 abc	4905	6058
3	6008 abcd	6184 abc	5743	6556
4	5963 abcd	6376 ab	5227	6850
5	6175 abc	6465 a	5521	7217
6	5342 bcde	5492 abc	5081	5862
7	5320 bcde	5479 abc	4955	5592
8	6169 abc	6363 abc	5820	6787
9	6137 abc	6254 abc	5956	6704
10	5071 de	5210 bc	4750	5569
11	5795 abcde	6009 abc	5368	6467
12	6324 a	6453 a	6086	6627
13	5756 abcde	5908 abc	5501	5965
14	6447 a	6617 a	6190	6789
15	4972 e	5150 c	4647	5300
16	5277 cde	5527 abc	4877	5636
17	5274 cde	5683 abc	4508	6392
18	6047 abc	6296 abc	5600	6901
19	5296 bcde	5667 abc	4500	6264
20	5504 abcde	5898 abc	4778	6618
21	5654 abcde	6014 abc	4987	6108
22	5833 abcde	5853 abc	5801	5922
23	6218 abc	6402 ab	5796	6620
24	6245 ab	6430 a	5884	6629
25	5269 cde	5447 abc	4970	5810
26	5306 bcde	5581 abc	4685	6162
27	4939 e	5157 c	4483	5456
28	5337 bcde	5535 abc	4919	5748
29	5587 abcde	5697 abc	5370	5886
30	6172 abc	6285 abc	5964	6445
31	6133 abc	6256 abc	5892	6605
32	5642 abcde	5979 abc	4959	6282
33	5520 abcde	5800 abc	4829	6475
34 *	5735 abcde	6247 abc	4772	6434
DMS	955	1217		

DMS: Diferencia mínima significativa. Medias seguidas por diferentes letras indican diferencias significativas.





Conclusiones

1. Las líneas que conforman las 33 familias son de ciclo más largo que los testigos. 2. Se observó asociación positiva entre rendimiento y biomasa y altura de planta y entre días a espigamiento y madurez fisiológica. 3. El rendimiento correlacionó negativamente con porcentaje de severidad de roya. 4. Quince familias superaron numéricamente el rendimiento de los testigos, pero ninguna de ellas de manera significativa.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al INIFAP por el financiamiento parcial de los trabajos de investigación que condujeron a la obtención de los resultados presentados en este documento, Proyecto Fiscal (número de proyecto SIGI: 9571634495) "GWAS para identificación de asociaciones carácter fenotípico-marcador involucrados en la estabilidad del rendimiento del trigo a través de ambientes".

Literatura citada

- Arroyo, A., M. Balzarini, C. Bruno y J. Di Rienzo. 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia* 30(9):550-554.
- Caruso, G., V. Broglia y M. Pocovi. 2015. Diversidad genética. Importancia y aplicaciones en el mejoramiento vegetal. *Lhawet/Nuestro Entorno* 4(1):45-50.
- Ebrahimnejad, S. and V. Rameeh. 2016. Correlation and factor analysis in spring bread wheat genotypes. *Cercetări Agronomice în Moldova* 1(165):5-15.
- Fontdevila, A. y A. Moya. 1999. Introducción a la genética de poblaciones. Ed. Síntesis. Madrid, España. 349 p.
- Manes, Y., H. F. Gomez, L. Puhl, M. Reynolds, H. J. Braun and R. Trethowan. 2012. Genetic yield gains of the CIMMYT international semi-arid wheat yield trials from 1994 to 2010. *Crop Sci.* 52:1543-1552.
- Shearman, V. J., R. Sylvester-Bradley, R. K. Scott and M. J. Foulkes. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Sci.* 45:175-185.





VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE LINEAS DE TRIGO GENERADAS DE CRUZAS DE TRIGOS CRIOLLOS CON GERMOPLASMA ÉLITE

*Lourdes Ledesma Ramírez⁷⁶, Ernesto Solís Moya⁷⁵, Oscar Arath Grageda Cabrera⁷⁵, Luis Antonio Mariscal Amaro⁷⁵, Aquilino Ramírez Ramírez⁷⁵ y María del Pilar Suaste Franco⁷⁶

Resumen

La diversidad genética proporciona un seguro frente a futuras condiciones adversas. El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación fenotípica para rendimiento y roya lineal amarilla de genotipos de trigo seleccionados por tolerancia a calor y sequía que fueron desarrollados de cruzas de trigos criollos y germoplasma élite. Durante el ciclo otoño invierno 2016-17 se sembraron 492 genotipos de trigo harinero en el INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ) y en La Barca, Jalisco. El diseño para la siembra consistió en un alfa látice con dos repeticiones. Se analizó el rendimiento de grano y la resistencia fenotípica a la roya lineal amarilla. Los resultados indicaron que las mejores líneas sólo igualaron el rendimiento de los mejores testigos, en cambio, 130 líneas registraron niveles inferiores de severidad de roya lineal amarilla a los testigos más resistentes.

Palabras clave: rendimiento, roya lineal amarilla, calor, sequía

Introducción

En 2050 seremos 9.7 mil millones de seres humanos en la tierra, 2.2 mil millones más de los que hay ahora. Según la ONU (2017) la población mundial aumenta en 83 millones de individuos cada año. El trigo es un cultivo que aporta el 20% del total de las calorías y proteínas de la alimentación mundial; con el aumento de la población, la demanda de este cultivo subirá un 60% (ONU, 2018).

⁷⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

⁷⁶ Instituto Tecnológico de Roque. *lulis_amigui@hotmail.com





En un sentido amplio, se entiende por diversidad genética la variación de los genes dentro y entre especies. Puede ser vista entre poblaciones dentro de la misma especie y entre las diferentes especies (Glowka *et al.*, 1996). Ante las condiciones cambiantes del medio, la diversidad genética determina el potencial de respuestas que permiten la supervivencia y la adaptación (Fontdevila y Moya, 1999). La diversidad genética proporciona un seguro (valor de opción) frente a futuras condiciones adversas. Los recursos genéticos pueden proporcionar características útiles, tales como la resistencia a nuevas enfermedades o la adaptabilidad a nuevas condiciones climáticas (Caruso *et al.*, 2015).

El fondo genético estrecho ha derivado en variedades mejoradas menos tolerantes a las tensiones bióticas y abióticas. La reducción de la variabilidad genética hace que los cultivos sean cada vez más vulnerables a enfermedades y cambios climáticos adversos. Por lo tanto, la información precisa sobre la naturaleza y el grado de variabilidad genética y divergencia presente en el trigo ayuda a seleccionar los padres para la evolución de las variedades superiores (Dutamo *et al.*, 2015). Para un programa de mejoramiento exitoso, la presencia de variabilidad genética juega un papel vital. La diversidad de las plantas aumenta la probabilidad de exploración para generar recombinantes productivos y una amplia variabilidad en la segregación de las generaciones durante la mejora genética (Dutamo *et al.*, 2015).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación fenotípica para rendimiento y roya lineal amarilla de genotipos de trigo seleccionados por tolerancia a calor y sequía que fueron desarrollados de cruces de trigos criollos y germoplasma élite.

Materiales y métodos

Durante el ciclo otoño invierno 2016-17 se sembraron 492 genotipos de trigo harinero. Los experimentos se establecieron en el INIFAP Campo Experimental Bajío (CEBAJ) y en La Barca, Jalisco. El diseño para la siembra consistió de un alfa látice con dos repeticiones. La parcela experimental consistió en dos surcos, de dos hilos con una longitud de 2 m, la densidad de siembra fue de 30 kg/ha. Se aplicó la dosis de fertilización 240-60-00





recomendada por el INIFAP. Se aplicaron un total de cinco riegos a los 0, 35, 65, 85 y 100 días. Las variables medidas fueron:

- Porte de planta (PP): escala de 1 al 5, donde 1 es erecto, 2 semierecto, 3 intermedio, 4 semipostrado y 5 postrado.
- Biomasa: escala de 1 al 5. Se calificó con 1 a los materiales con muy baja; 2, baja; 3, intermedia; 4, alta y 5, muy alta producción de biomasa.
- Días a floración (DFLOR).
- Días a madurez (DMAD).
- Porcentaje de daño por roya lineal amarilla (YR).
- Altura de planta.
- Rendimiento en kg/ha (REND).

Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas a nivel localidades, genotipos y la interacción de primer grado genotipo por localidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables evaluadas en 405 genotipos de trigo harinero durante el ciclo OI 2016-17.

Fuente	GL	BIO	PP	DFLOR	DMAD	YR	REND
LOC	1	338.02 **	777.08 **	199689.01 **	257367.63 **	58885.36 **	6511822975 **
REP(LOC)	2	12.16	4.86	13.95	28.53	37.5364	252749823
GEN	404	0.38 **	0.28 **	47.40 **	23.63 **	780.21 **	4633331 **
GEN*LOC	404	0.48 **	0.28 **	4.06 **	7.27 **	139.33 **	3476083 **
Error	808	0.22	0.18	2.23	3.69	77.02	2009010
Total	1619						
CV		13.94	19.33	1.90	1.47	69.56	18.99

GL = grados libertad; BIO = biomasa; PP = porte de planta; DFLOR = días a floración; DMAD = Días a madurez; YR = % de daño por roya lineal amarilla; REND = Rendimiento kg/ha, CM = cuadrados medios; LOC = localidad; REP = repetición; GEN = genotipos; CV = coeficiente de variación.





Análisis de componentes principales

Los valores propios de las matrices de correlaciones mostraron que las dos componentes principales representan el 50% de la variación total (PC1 30.1% y el PC2 19.9%). Este valor se considera un porcentaje próximo al adecuado para representar confiablemente las relaciones entre los casos y las variables analizadas (Arroyo *et al.*, 2005). Los resultados de los vectores propios muestran que en el primer componente (PC1) presenta una asociación positiva con los variables días a floración y días a madurez; la segunda componente (PC2) mostró asociación negativa con las variables porte de planta, biomasa, altura de planta y rendimiento.

Cuadro 2. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de genotipos de trigo evaluados en dos localidades en el ciclo OI 2016-17.

Carácter	PC1	PC2
PP	-0.263	-0.46899
BIO	-0.074	-0.49825
DFLOR	0.5477	0.12432
DMAD	0.5988	0.14287
AP	0.1489	-0.47923
YR	-0.344	0.22243
REND	0.3556	-0.46561

PORTE = Porte de planta; DFLOR = días a floración; DMAD = Días a madurez; AP = Altura de planta; ROYA = % de daño por roya lineal amarilla; REND = Rendimiento kg/ha, PC1 = Componente principal 1; PC2 = Componente principal 2.

En La Figura 1 se muestra la dispersión de los genotipos de trigo de acuerdo a las variables estudiadas. La elipse de los genotipos de Bajío (en color azul) y el de las líneas élite (color rojo), presentaron mayor variación en el plano de PC2 (Componente Principal 2), esto es, los genotipos presentaron variación alta en las variables PP, BIO, AP, REN y son muy similares en días a floración y madurez.



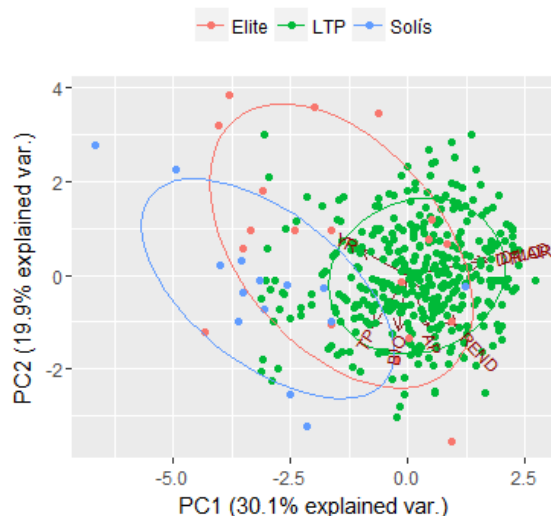


Figura 1. Biplot de las características agronómicas evaluadas en 405 genotipos de trigo evaluados en tres localidades en el ciclo otoño invierno 2016-17.

Las líneas LTP (elipse color verde) conformaron el grupo con menor variación (elipse de menor tamaño); este grupo de genotipos son más tardíos que los testigos, pero presentan menor variación que estos en REND, AP, PP, y producción de BIO. El ángulo menor a 15° , entre los vectores de las variables DFLOR y DM indica que existe alta asociación entre ellas; esta asociación también se observó entre PP y BIO, y entre AP y REND. El ángulo cercano a los 90° entre el PP con REND indica que no existe asociación entre estas variables. Por otra parte, el ángulo cercano a los 180 grados entre REND y YR indican una asociación negativa entre estas variables.

Interacción genotipo ambiente para las variables de rendimiento de grano y porcentaje de daño por roya lineal amarilla

El estudio de la interacción genotipo ambiente para las variables REND y para el YR se presenta en las Figuras 2 y 3. Para la variable REND el genotipo más destacado fue el 490 (Cisne F2016) con 10,907 kg/ha, seguido de los genotipos 315, 314, 424, 416, y 364 con rendimientos superiores a los 9,500 kg/ha; el genotipo con menor rendimiento fue el 456 con 2,814 kg/ha; 213 genotipos superaron el rendimiento medio, pero solo 15 superaron al segundo mejor testigo identificado como Elia M2016.



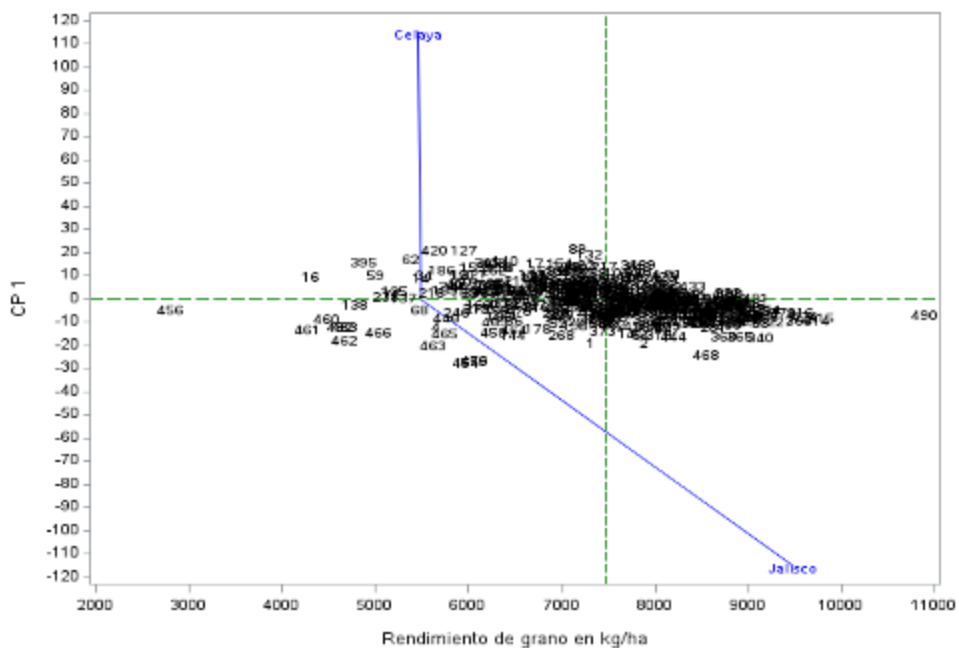


Figura 2. Biplot de la interacción genotipo ambiente del rendimiento de grano con el modelo AMMI de 492 genotipos de trigo harinero.

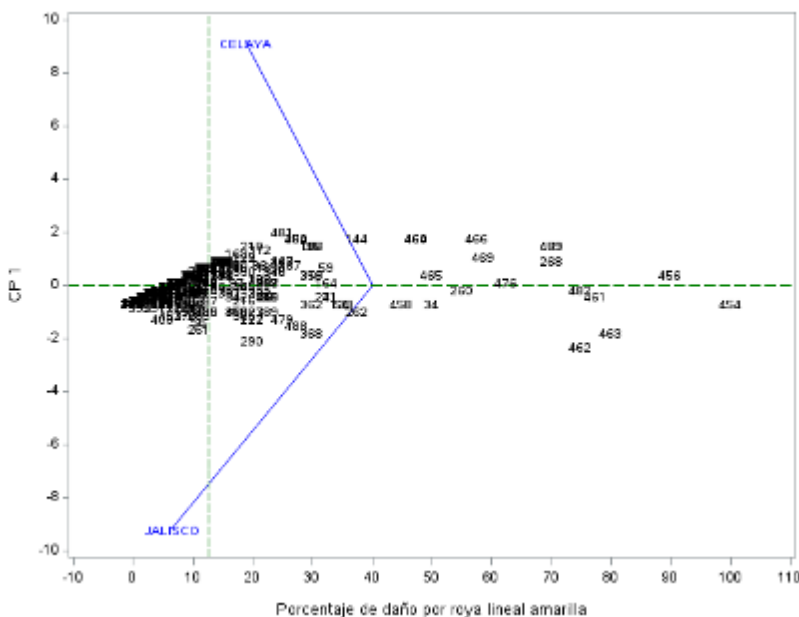


Figura 3. Biplot de la interacción genotipo ambiente de la roya lineal amarilla con el modelo AMMI de 492 genotipos de trigo harinero.

La localidad de Jalisco fue la que presentó los mayores rendimientos y Celaya obtuvo rendimientos por debajo de la media. La longitud de los vectores de las localidades indica





que ambas diferenciaron o discriminaron bien los genotipos, esto es, ambas son adecuadas para seleccionar genotipos para rendimiento de grano. Los genotipos más susceptibles a roya lineal fueron el 454, 456 y 463 con 100, 90 y 80% de severidad, respectivamente. Alrededor de 238 genotipos obtuvieron menos del 10% de daño por roya lineal amarilla. Los genotipos más resistentes con 0% de daño fueron 132, 240, 109, 241, 374 y 436. En el ambiente de Jalisco se presentaron los menores porcentajes de roya lineal amarilla y en la localidad de Celaya se obtuvieron porcentajes de roya mayores a la media. En general, los mejores genotipos fueron 364, 314, 315, 424 y 490 que tuvieron altos rendimientos y bajos porcentajes de severidad de roya lineal amarilla. La mayoría de los genotipos fueron estables en las dos variables ya que presentaron valores del componente principal cercanos a cero.

Conclusiones

1. Las cruzas de criollos por líneas élite generaron genotipos de alto potencial de rendimiento, similares a los mejores testigos de la región, sin embargo, las mejores líneas apenas igualaron el rendimiento de los mejores testigos. En cambio, los avances en resistencia a roya lineal amarilla fueron mayores, ya que 130 genotipos registraron niveles de roya inferiores al mejor testigo. 2. Las líneas resistentes pueden tener genes de resistencia a roya lineal amarilla que podrían ayudar a enfrentar el serio problema de roya lineal amarilla que se tiene en el país; por esta razón debe ser reconsiderada la idea de incluir germoplasmas criollos en los programas convencionales de mejoramiento de trigo

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al INIFAP por el financiamiento parcial de los trabajos de investigación que condujeron a la obtención de los resultados presentados en este documento, Proyecto Fiscal (número de proyecto SIGI: 9571634495) “GWAS para identificación de asociaciones carácter fenotípico-marcador involucrados en la estabilidad del rendimiento del trigo a través de ambientes”.





Literatura citada

- Arroyo, A., M. Balzarini, C. Bruno y J. Di Rienzo. 2005. Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia* 30(9):550-554.
- Caruso, G., V. Broglia y M. Pocovi. 2015. Diversidad genética. Importancia y aplicaciones en el mejoramiento vegetal. *Lhawet/Nuestro Entorno* 4(1):45-50.
- Dutamo D., S. Alamerew, F. Eticha and E. Assefa. 2015. Genetic variability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm for yield and yield component traits. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 5(17):39-47.
- Fontdevila, A. y A. Moya. 1999. Introducción a la genética de poblaciones. Ed. Síntesis. Madrid, España. 349 p.
- Glowka, L., F. Burhenne-Guilmin and H. Synge. 1996. Guía del convenio sobre diversidad biológica. Environment Policy and Law Paper No. 30. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales. The Burlington Press. Cambridge, UK. 179 p.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2017. La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030. *Noticias*. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html> [consultado el 18 de mayo de 2018].
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2018. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html> [consultado el 18 mayo de 2018].





POTENCIAL BIOENERGÉTICO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN GOLFO CENTRO

J. Amador Honorato Salazar^{77*} y Patricia Aguilar Sánchez⁷⁷

Resumen

Se realizó la estimación de los residuos agrícolas de la Región Golfo Centro, que abarca los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, con base en datos estadísticos de la producción agrícola anual de los cultivos de 2007 a 2017, con el objetivo de determinar su potencial energético y producción de biocombustibles. Los datos se integraron en un sistema de información geográfica para mostrar la distribución espacial de la cantidad de residuos disponibles y su potencial energético a nivel de municipio en las zonas agrícolas. Se seleccionaron 23 cultivos con una producción promedio anual total de 28,996.692 kt que generan 11,542.72 kt de materia seca y de los cuales el 50% podría utilizarse para producción de energía, con un potencial de energía de 101.37 PJ/año, así como una producción respectiva de bioetanol, biodiesel y biogás de 1,235.07, 1,252.39 y 1,771.81 millones de litros de gasolina equivalente. El mayor potencial energético y de biocombustibles se encuentra en el estado de Veracruz (67.5%), seguido de Puebla (21.9%) y Tabasco (10.6%). A nivel municipal, los municipios de Cárdenas, Tab. y Pánuco, Ver., presentan la mayor cantidad residuos disponibles, mayores a 200 kt/año y, por lo tanto, mayor potencial energético y de producción de biocombustibles. El potencial energético representa el 1.1% de la producción nacional de energía primaria actual.

Palabras clave: bioenergía, residuos agrícolas, poder calorífico, biocombustibles

⁷⁷Campo Experimental San Martinito. INIFAP. *honorato.amador@inifap.gob.mx





Introducción

La necesidad de materia prima barata, abundante, sostenible y que no interfiera con la producción de alimentos es cada vez más relevante para la producción de energía y productos químicos. La materia que cumple con estas características es la biomasa derivada de los residuos agrícolas y forestales, ya sea de actividades primarias o de procesos industriales. Los residuos agrícolas están directamente relacionados con la producción, cosecha, manejo y procesamiento de los cultivos, entre los que se encuentran, rastrojos, hojas, pajas, cascaras, bagazos, cascarillas, pastas, entre otros. Estos residuos han sido utilizados para diferentes propósitos, tales como fertilizantes para mantener la calidad del suelo, forraje, papel, substratos para diferentes usos y como combustible para cocinar en zonas rurales; sin embargo, se estima que alrededor del 50% no se usa y en ocasiones pueden causar problemas de contaminación (SENER, 2012). También se ha reconocido que los residuos agrícolas tienen un potencial para la producción de biocombustibles, ya que no compiten con la disponibilidad y las áreas de cultivos de alimentos (Yang *et al.*, 2015), por lo cual los residuos que no se usan pueden destinarse para la generación de energía por medio de proceso térmicos, químicos o termo-químicos.

Para el uso de los residuos agrícolas hacia la obtención de bioenergía, es importante evaluar su cantidad y su distribución geográfica, así como su contenido de energía, en áreas y regiones específicas, como punto de partida para la planificación estratégica en el establecimiento de la instalación y definición de plantas de procesamiento para la producción de biocombustibles, tanto a nivel piloto como a nivel industrial (Unal y Alibas, 2007; Sadhukhan *et al.*, 2014).

La Región Golfo Centro se refiere al Centro de Investigación del mismo nombre del INIFAP que comprende los estados de Puebla, Veracruz y Tabasco y presenta los primeros lugares nacionales en la producción de cítricos, caña de azúcar, café, arroz, piña, maíz, frijol, cacao y copra, entre otros cultivos. Por lo anterior, es importante determinar la cantidad de residuos que generan los cultivos de mayor producción, con el objetivo de determinar su potencial energético y de producción de biocombustibles.





Materiales y métodos

La selección de cultivos se realizó con base a la producción anual agrícola de 2007 a 2017, reportada por el SIAP (2018). Se calculó la producción anual promedio por cultivo para los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz, para después ordenar los valores de mayor a menor y seleccionar los cultivos con mayor producción promedio anual y con reportes técnicos de rendimiento. Posteriormente, se calculó la producción promedio por municipio y estado, y la cantidad de residuos generados.

La cantidad de residuos de la cosecha, definido como la relación del peso seco del residuo generado y la cantidad total del cultivo cosechado, se calculó usando el índice de residuo (IR) de cada cultivo (Smeets *et al.*, 2007), y generalmente se obtiene del índice de cosecha (IC) del cultivo. El IC se define como la proporción entre el producto cosechado y la biomasa aérea total del cultivo al momento de la cosecha (Unkovich *et al.*, 2010), por lo que el $IR=(1/IC-1)$. Para los residuos derivados del procesamiento de los cultivos, el IR se calculó como la cantidad del residuo generado entre la cantidad del producto cosechado. En ambos casos se determinó la cantidad como materia seca (MS) por cultivo.

Con los datos promedio de producción anual por municipio, estado, y el IR, se estimó la cantidad de residuos por cultivo generados anualmente. Asimismo, para la estimación de la cantidad de residuo o biomasa disponible por cultivo, se consideró un factor de recuperación de 50% para los residuos de la cosecha y de 80 a 90% para residuos del proceso industrial. El potencial energético anual por cultivo se estimó multiplicando la cantidad de residuo disponible por su respectivo poder calorífico superior (PCS) seco. Los valores de poder calorífico de cada cultivo se tomaron de determinaciones previas (Honorato, 2017).

El total anual de residuos disponibles y su potencial energético se obtuvo sumando las cantidades obtenidas para cada cultivo. La cantidad de residuos disponibles se utilizaron también para estimar el potencial de bioetanol, biodiesel y biogás sintético (BGS), considerando una eficiencia respectiva de 214, 217 y 307 L, equivalentes de gasolina por tonelada de materia seca (lge/t MS) (Eisentraut, 2010).

La distribución espacial de los residuos disponibles y el potencial de energía se representó en mapas temáticos a nivel municipal; para ello se utilizaron técnicas de información geográfica usando ArcGis 10.3, empleando datos vectoriales de los mapas





georreferenciados de municipios de Puebla, Tabasco y Veracruz, así como del uso del suelo y vegetación serie V (INEGI, 2014 e INEGI, 2015), considerando solo las áreas agrícolas.

Resultados y discusión

Se seleccionaron 23 cultivos con producción anual mayor a 200 t (Cuadro 1) en la Región Golfo Centro, que abarca los estados de Puebla, Tabasco y Veracruz. La producción anual total de los cultivos seleccionados fue 28,996,692 t y los cultivos principales que contribuyen a esta producción fueron: caña de azúcar (77.8%), naranja (8.5%), maíz (7.8%), piña (2.1%) y café (1.7%). La cantidad de residuos que se derivan de estos cultivos es de 11,542.72 kilo toneladas de materia seca por año (kt MS/año) de las cuales se estima que 5,771.36 kt MS/año son disponibles para la producción de energía, con un potencial energético de 101,370.61 Giga Joules por año (GJ/año). Este potencial, podría contribuir en 1.1% a la producción de energía primaria, que en promedio de 2007 a 2006 ha sido de 9,126.28 PJ/año (SENER, 2018). Asimismo, los residuos disponibles estimados tienen un potencial para producir 1,235.07, 1,252.39 y 1,771.81 millones de litros de gasolina equivalente (M lge) de bioetanol, biodiesel y biogás sintético, respectivamente. La mayor cantidad de energía y biocombustibles se podría obtener con los residuos de caña de azúcar (56.1%), maíz (29.3%) y sorgo (6.1%).

La contribución estatal en la producción de los cultivos, disponibilidad de residuos, potencial de energía y biocombustibles es mayor para Veracruz y menor para Tabasco (Figura 1), lo cual se debe a la mayor superficie cultivada de caña de azúcar y maíz en Veracruz, ya que en esta entidad se ubica el 35% de los ingenios azucareros (SIAP, 2018).

El 42.7% de la biomasa disponible se concentra en 25 municipios, dos del estado de Puebla, cuatro del estado de Tabasco y 19 del estado de Veracruz, representadas por las partes más oscuras de La Figura 2.





Cuadro 1. Estimación de residuos, biomasa disponible y potencial de energía por tipo de cultivo.

Cultivo	Producción		Tipo de residuo	IR	Residuo (kt MS/año)	FR	Residuo disponible (kt MS/año)	Poder calorífico (GJ/t)	Potencial de Energía (GJ/año)
	(kt/año)	CV (%)							
Caña de azúcar	22,570.330	8.34	Hojas	0.141	3,186.93	0.50	1,593.47	16.76	26,706.48
			Bagazo	0.140	3,159.85	0.50	1,579.92	19.11	30,192.33
Naranja	2,471.515	7.77	Bagazo	0.095	234.79	0.90	117.40	16.83	1,975.79
Maíz	2,257.799	10.90	Rastrojo	1.410	3,183.50	0.50	1,591.75	16.79	26,725.45
			Olote	0.150	338.67	0.80	169.33	17.40	2,946.43
Piña	600.979	6.40	Hojas	0.134	80.36	0.90	40.18	17.51	703.58
Café cereza	491.215	20.30	Pulpa	0.100	49.12	0.90	24.56	19.10	469.11
			Cascarilla	0.040	19.65	0.90	9.82	19.59	192.46
Sorgo grano	175.026	13.45	Rastrojo	3.910	684.35	0.50	342.18	18.15	6,210.48
			Racimos vacíos	0.081	11.48	0.90	5.74	18.6	106.73
			Fibra del mesocarpio	0.065	9.22	0.90	4.61	19.61	90.41
Palma africana	142.557	50.06	Cascarilla	0.034	4.83	0.90	2.41	19.78	47.77
			Pasta	0.046	6.59	0.90	3.29	19.78	65.14
			Paja	1.750	110.99	0.50	55.49	17.87	991.69
Cebada	63.422	26.17	Cascarilla	0.100	6.34	0.50	3.17	17.50	55.49
			Paja	1.610	99.62	0.50	49.81	16.34	813.89
Arroz	61.876	48.24	Cascarilla	0.200	12.38	0.50	6.19	15.36	95.04
			Bagazo	0.005	0.22	0.90	0.11	17.78	1.94
Manzana	43.785	10.73	Hojas	0.200	5.60	0.50	2.80	19.20	53.80
Agave	28.021	12.34	Bagazo	0.120	3.36	0.80	1.68	17.41	29.27
			Rastrojo	1.430	32.15	0.50	16.07	16.31	262.15
Haba grano	22.479	31.93	Cáscara	10.630	187.59	0.90	93.79	16.97	1,591.69
Cacao	17.647	13.75	Rastrojo	1.600	22.58	0.50	11.29	18.98	214.24
Soya	14.110	65.88	Fibra y cáscara	2.000	21.51	0.90	10.75	18.00	193.57
			Pasta	0.170	1.83	0.90	0.91	17.03	15.57
Copra	10.754	10.48	Rastrojo	2.120	22.10	0.50	11.05	19.04	210.38
			Cáscara	0.300	3.13	0.80	1.56	20.31	31.76
Cacahuete	10.424	10.88	Paja	1.620	13.77	0.50	6.89	17.90	123.27
Trigo grano	8.502	26.95	Tallos	5.760	17.56	0.50	8.78	15.94	139.91
Amaranto	3.048	14.83	Tallos	5.000	7.88	0.50	3.94	18.29	72.03
Tabaco	1.575	18.60	Paja	2.520	1.44	0.50	0.72	17.94	12.92
Avena	0.572	40.62	Paja	3.800	1.81	0.50	0.91	17.47	15.83
Ajonjolí	0.477	59.06	Rastrojo	3.000	0.94	0.50	0.47	17.35	8.15
Girasol	0.313	30.90	Rastrojo	2.280	0.61	0.50	0.30	19.23	5.86
Cártamo	0.267	47.75	Rastrojo						
Total	28,996.692				11,542.72		5,771.36		101,370.61

CV = Coeficiente de variación, IR = Índice de residuo, FR= Factor de recuperación, kt = kilo tonelada, MS=materia seca, GJ = Giga Joules.



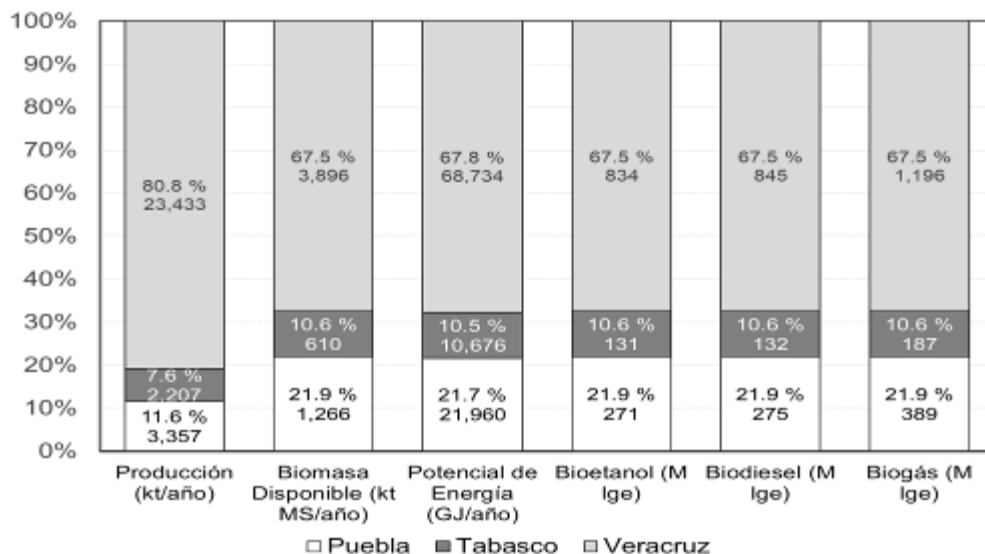


Figura 1. Producción agrícola anual, biomasa disponible, potencial energético y de biocombustibles de residuos agrícolas de la Región Golfo Centro.

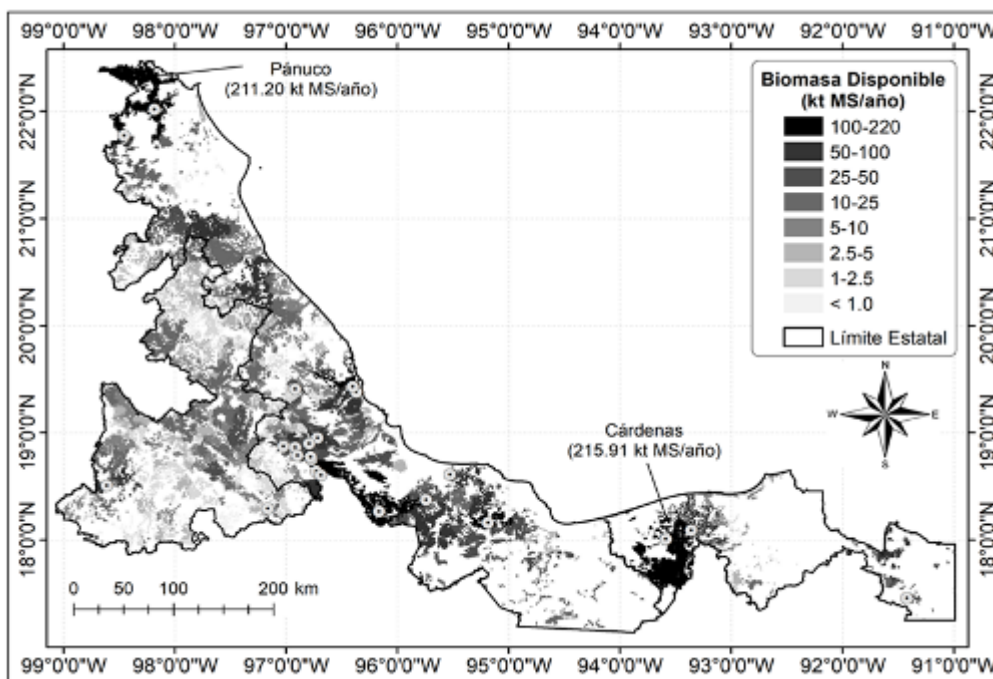


Figura 2. Distribución espacial de biomasa disponible de los residuos agrícolas.

Los municipios de Cárdenas, Tab. y Pánuco, Ver, presentan más de 200 kt MS/año, mientras que los municipios de Humanguillo, Tab., Actopan, Cosamaloapan de Carpio, Hueyapan de Ocampo, Omealca, Tierra Blanca y Tres Valles, Ver., presentan de 100 a 200 kt MS/año (Cuadro 2).



Al igual que la biomasa disponible, el 43.2% del potencial energético se concentra en 25 municipios, con más de 1,000 PJ/año (Cuadro 2), observándose como las áreas más oscuras en la Figura 3 y el mayor potencial energético se presenta en los municipios de Cárdenas, Tab., Pánuco, Tres Valles, Tierra Blanca, Carpio y Omealca, Ver., con más de 2,000 PJ/año, mientras que los otros 19 municipios muestran un potencial energético de 1,000 a 2,000 PJ/año.

Cuadro 2. Producción agrícola, biomasa disponible, potencial energético y de biocombustibles de residuos agrícolas de 25 municipios.

Estado	Municipio	Producción (t/año)	Biomasa disponible (kt/año)	Potencial de energía (PJ/año)	Biocombustibles (10 ⁶ lga)		
					Bioetanol	Biodiesel	Biogás
Tabasco	Cárdenas	1'112,406.21	215.91	3,813.91	46.20	46.85	66.28
Veracruz	Pánuco	1'204,969.27	211.20	3,798.05	45.20	45.83	64.84
Veracruz	Tres Valles	1'173,932.16	174.91	3,120.34	37.43	37.96	53.70
Veracruz	Tierra Blanca	1'011,900.70	167.00	2,960.14	35.74	36.24	51.27
Veracruz	Cosamaloapan de Carpio	1'047,642.54	154.06	2,755.17	32.97	33.43	47.30
Veracruz	Omealca	860,003.29	122.94	2,201.99	26.31	26.68	37.74
Veracruz	Hueyapan de Ocampo	583,584.74	111.15	1,959.18	23.79	24.12	34.12
Tabasco	Huimanguillo	490,735.36	101.64	1,773.39	21.75	22.06	31.20
Veracruz	Actopan	628,002.88	100.80	1,789.74	21.57	21.87	30.95
Veracruz	El Higo	691,568.38	98.49	1,764.74	21.08	21.37	30.24
Veracruz	José Azueta	534,615.03	98.06	1,727.58	20.99	21.28	30.11
Veracruz	Tezonapa	632,411.41	96.81	1,730.30	20.72	21.01	29.72
Veracruz	Paso del Macho	660,585.15	94.64	1,694.90	20.25	20.54	29.06
Puebla	Izúcar de Matamoros	586,617.62	93.01	1,662.30	19.90	20.18	28.55
Veracruz	Úrsulo Galván	638,423.71	90.95	1,629.00	19.46	19.74	27.92
Puebla	Chietla	493,197.11	79.60	1,422.78	17.03	17.27	24.44
Veracruz	Ángel R. Cabada	539,998.58	79.51	1,421.05	17.02	17.25	24.41
Veracruz	Ixtaczoquitlán	537,954.16	76.95	1,378.84	16.47	16.70	23.62
Veracruz	Isla	233,985.60	72.35	1,260.92	15.48	15.70	22.21
Veracruz	Álamo Temapache	669,411.47	72.24	1,216.67	15.46	15.68	22.18
Tabasco	Balancán	89,493.69	69.23	1,219.61	14.81	15.02	21.25
Veracruz	Córdoba	438,360.05	63.26	1,133.16	13.54	13.73	19.42
Tabasco	Cunduacán	157,070.96	58.62	1,014.33	12.55	12.72	18.00
Veracruz	Puente Nacional	353,509.81	58.49	1,037.49	12.52	12.69	17.96
Veracruz	Paso de Ovejas	349,122.58	57.56	1,021.27	12.32	12.49	17.67

t = tonelada, kt = kilo tonelada, MS = materia seca, PJ = Peta Joules, lga = litros de gasolina equivalente.



Existen datos limitados de estimación de residuos agrícolas a nivel de estatal y municipal, por lo cual no son comparables con otros estudios realizados; sin embargo, Valdez-Vázquez *et al.* (2010), señalan biomasa disponible en el rango de 280 a 2,181 kt MS/año, para los municipios de Cárdenas, Tab., así como para los municipios de Cosamaloapan de Carpio, Pánuco y Tres Valles, Ver., para la producción anual de 2006 de los cultivos de caña de azúcar, maíz, sorgo y frijol. Las estimaciones obtenidas, son menores al rango inferior reportado, aun cuando se consideran más cultivos.

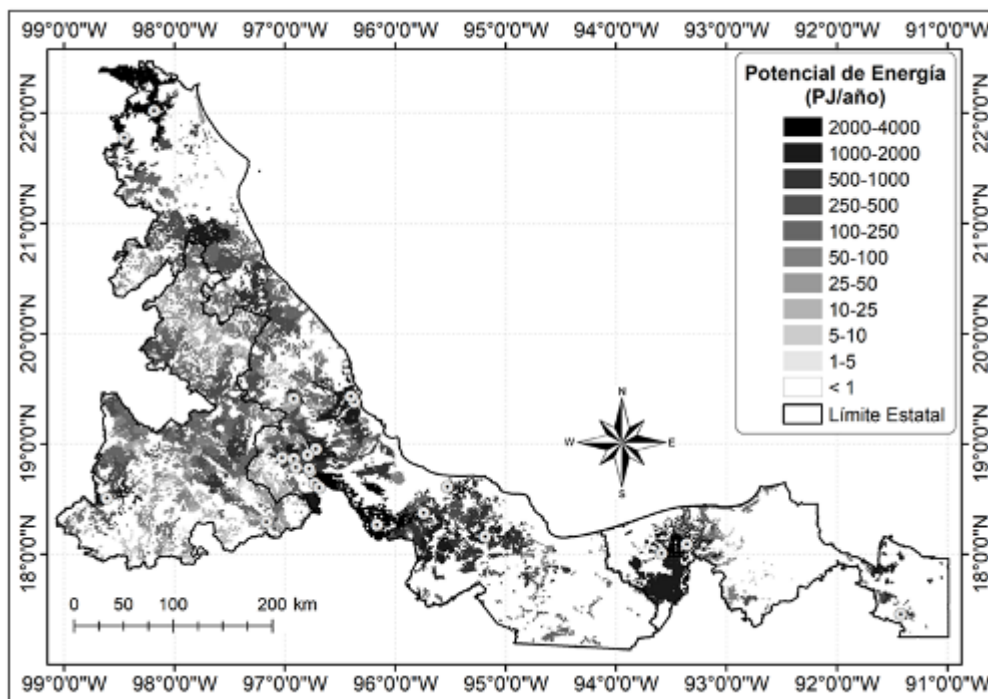


Figura 3. Distribución espacial del potencial de energía de los residuos agrícolas.

Conclusiones

1. La disponibilidad de la biomasa de residuos agrícolas de la Región Golfo Centro tiene un potencial energético considerable que puede contribuir en un 1.1% producción nacional de energía primaria actual.
2. La producción de biocombustibles podría ser implementada en los municipios que presentan mayor disponibilidad de biomasa, potencial energético y de biocombustibles.



Literatura citada

- Eisentraut, A. 2010. Sustainable production of second-generation biofuels. Potential and perspectives in major economies and developing countries. OECD/IEA. International Energy Agency. Paris, France. 217 p.
- Honorato, S. J. A. 2017. Caracterización físico-química de materiales lignocelulósicos. Informe Técnico del Proyecto SENER-CONACYT Sustentabilidad Energética 151370, INIFAP. Campo Experimental San Martinito. 60 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Marco Geoestadístico Nacional 2014 Version 6.2. INEGI. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825004386> [consultado el 29 de julio de 2016].
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. Uso del suelo y la vegetación. Vector data at 1:250,000 series V. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccat/usuarios/Default.aspx> [consultado el 29 de julio de 2016].
- Sadhukhan, J., K. Siew N. and E. Martinez H. 2014. Introduction. p.1-41. *In*: Biorefineries and chemical processes: design, integration and sustainability analysis. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, UK.
- SENER (Secretaría de Energía). 2012. Iniciativa para el desarrollo de las energías renovables en México. Energía de la biomasa. PwC. <http://www.pwc.com/mx/es/industrias/infraestructura/archivo/2013-06-iniciativa-renovable-sener-biomasa.pdf> [consultado el 27 de julio de 2016].
- SENER (Secretaría de Energía). 2018. Sistema de Información Energética. Información estadística. <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas> [consultado el 18 de mayo de 2018].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SAGARPA. <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 5 de julio de 2018].





- Smeets, E. M. W., A. P. C. Faaij, I. M. Lewandowski and W. C. Turkenburg. 2007. A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. *Progress in Energy and Combustion Science* 33:56-106.
- Unal, H. and K. Alibas. 2007. Agricultural Residues as biomass energy. *energy sources. Part B. Economics, Planning, and Policy* 2(2):123-140.
- Unkovich, M., J. Baldock and M. Forbes. 2010. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: Examples from Australian agriculture. *Advances in Agronomy* 105:173-219.
- Valdez-Vázquez, I., J. A. Acevedo-Benítez and C. Hernández-Santiago. 2010. Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:2147-2153.
- Yang, L., X. Y. Wang, L. P. Han, H. Spiertz, S. H. Liao, M. G. Wei *et al.* 2015. A quantitative assessment of crop residue feedstock for biofuel in North and Northeast China. *GCB Bioenergy* 7:100-111.





REINTRODUCCIÓN *In situ* Y ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA PASADA Y ACTUAL DEL MAÍZ CRIOLLO RAZA JALA

Víctor Antonio Vidal-Martínez^{78*}, Denise Costich⁷⁹, Tania Carolina Camacho-Villa⁷⁹, Bulmaro Coutiño-Estrada⁸⁰ y Cristian Zavala-Espinosa⁷⁹

Resumen

Los bancos de germoplasma (BG) son depositarios de fuentes de diversidad genética para su conservación *ex situ*. Sin embargo, es necesario analizar el estatus actual de la diversidad genética tanto en campos de productores, como en los BG, como una manera de documentar su potencial, y crear un plan para monitorear y prevenir su pérdida. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la reintroducción *in situ* de germoplasma de la raza Jala, para verificar el potencial de mejoramiento y preservar la diversidad de su base genética. El maíz de la raza Jala, tiene una identidad de local a mundial, representativa de los maíces nativos y posee características distintivas por su porte alto, mazorca grande, y ciclo vegetativo tardío. Se llevó a cabo la reintroducción y evaluación *ex situ* durante el PV 2017, del comportamiento agronómico actual de 14 accesiones de maíz de la raza Jala, proveniente del CIMMYT (conservado por un periodo de 29 a 73 años), y se incluyeron cuatro testigos locales. Los resultados identificaron en la etapa de desarrollo, un mayor vigor en los testigos actuales; sin embargo, las accesiones que destacaron con mayor vigor tanto en la etapa vegetativa inicial, como en la activa fueron: NAYA-130, NAYA-208 y NAYA-337. El rendimiento promedio de grano en el ensayo fue de 2.3 t/ha, donde el testigo local TL1 MGL obtuvo 3.4 t/ha, mientras que las accesiones reintroducidas NAYA-72, NAYA-53 y NAYA-337, alcanzaron rendimientos superiores a las 2.5 t/ha. Se caracterizaron fenotípicamente las accesiones mediante las variables: rendimiento de grano, días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, peso, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y de granos por hilera, número de granos por mazorca, longitud, grosor y

⁷⁸ Campo Experimental Santiago Ixcuintla. INIFAP. *vidal.victorantonio@inifap.gob.mx

⁷⁹ Centro Internacional de Mejoramiento Maíz y Trigo CIMMYT.

⁸⁰ Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP.





ancho de grano. Lo anterior ayudó a identificar a aquéllas con mayor similitud al complejo racial del maíz Jala. Mediante la encuesta realizada a productores, se corroboró tanto la resiliencia y el interés en continuar sembrando el maíz de la raza Jala.

Palabras clave: repatriación, germoplasma conservado *ex situ*, maíz nativo raza Jala

Introducción

En México el maíz (*Zea mays* L.) es la base de la alimentación de la población, y por lo tanto el cultivo de mayor importancia socioeconómica y agronómica, sobre todo por la superficie cultivada, la cual se estima en 7'600,453 ha, con un rendimiento promedio de 3.62 t/ha. Bajo temporal estricto, se siembra en México una superficie promedio de 6'099,689 ha, cuyo rendimiento promedio de grano nacional es de 2.28 t/ha (SIAP, 2016; Vidal *et al.*, 2017).

La diversidad genética del maíz, se manifiesta a través de la presencia de las variedades nativas o criollas genéricamente denominadas razas, que el productor a través de métodos tradicionales de cultivo ha conservado (Muñoz, 2003). Las razas de maíz identificadas por los agricultores como “maíces criollos”, técnicamente son maíces nativos, pues el maíz es nativo de México (Kato *et al.*, 2009); por tal motivo, es también un centro de origen y diversidad del maíz. La superficie de maíz sembrada a nivel nacional con germoplasma nativo, cubre aproximadamente un 76.5% de la superficie dedicada al maíz; es decir, que el área que ocupan los maíces nativos es superior a los 5,895 millones de ha (Herrera *et al.*, 2002).

El maíz criollo de la raza Jala, posee características distintivas por su tamaño de planta de porte alto y mazorca, con ciclo vegetativo tardío, que se siembra bajo condiciones de humedad residual en el Valle de Jala-Jomulco en abril y mayo. Al igual que otros maíces nativos, la superficie dedicada a su cultivo ha disminuido en los últimos 30 años, por cambios de uso del suelo en el Valle de Jala y por presencia de otros cultivos más rentables (tabaco, jamaica, agave y maíz para grano), el incremento de la mancha urbana, medios modernos de comunicación terrestre como autopistas, presencia de centros de estudios superiores e invernaderos. De igual manera, los bajos rendimientos y los altos costos del cultivo, junto con la falta de interés de las nuevas generaciones por el maíz Jala, en la ausencia de los





custodios de edad avanzada, han reducido la superficie dedicada a su cultivo, y actualmente no supera las 30 ha, dedicándose a su cultivo superficies pequeñas en el Valle de Jala-Jomulco y la zona de Coapan.

En las siete décadas pasadas, diversas instituciones en México, tales como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), las instituciones de educación superior y algunas instituciones extranjeras, sobre todo de Estados Unidos, han contribuido a esta diversidad genética mediante la generación de gran cantidad de nuevas variedades de maíz. Las razas de maíz nativo en México se han producido en forma dinámica y cambian continuamente como resultado de la selección humana y natural. No se trata de entidades estáticas o separadas, sino que el término “maíz criollo” corresponde a las diferentes variedades regionales del grano en México (Turrent y Serratos, 2004). Por su importancia, la exploración y recolección de maíces nativos en México se ha mantenido en un continuo a través de cuatro décadas (1951 a 1991), las cuales afortunadamente fueron retomadas a nivel nacional en los años 2002 a 2010, por instancias gubernamentales como el SINAREFI del SNICS-SAGARPA y la CONABIO-SEMARNAT, que han financiado a instituciones como universidades del país y al INIFAP, para continuar con este tipo de estudios (Wellhausen *et al.*, 1951; 1952; Cárdenas y Hernández, 1988; Ortega-Packza, 2003; Ortega *et al.*, 2006, Ortega *et al.*, 2008).

En forma creciente, estas instituciones también han aportado semillas y tecnología de apoyo directamente a los pequeños productores en las comunidades más vulnerables, donde por una variedad de razones, la seguridad de las semillas se ha visto comprometida por una pérdida de diversidad genética en las razas localmente adaptadas de especies de cultivos críticos (Westengen *et al.*, 2017); por otra parte, los bancos de germoplasma fueron conceptualizados originalmente como fuentes de diversidad genética de diferentes cultivos para los fitomejoradores e investigadores. El objetivo fue evaluar la reintroducción *in situ* y el comportamiento agronómico del germoplasma de la raza Jala, conservado *ex situ* por el CIMMYT, para verificar el potencial de mejorar y preservar su diversidad de la base genética.





Materiales y métodos

Ambiente de evaluación

Las actividades de campo del proyecto fueron establecidas durante el ciclo agrícola primavera- verano (P-V) 2017, en la localidad de Jala, Nayarit (en el Predio El Llano), cuya ubicación geográfica es: 21°04'43.80" LN y 104°26'05.73" LW, a una altitud de 1,046 m. El productor cooperante fue el Profr. Miguel González Lomelí. De igual manera, las encuestas desarrolladas de manera comparativa a las realizadas previamente en 1994 por Elly Rice, fueron llevadas a cabo en las localidades de Jala, Jomulco y Coapan.

Material genético

El germoplasma utilizado provisto por el CIMMYT, estuvo constituido por 14 accesiones de diverso origen (*ex situ*); las localidades de origen corresponden a la fecha de colecta realizada en 1944, 1951, 1952, 1961, 1988 y en el caso de los cuatro testigos locales en 2017. El germoplasma original tiene un periodo de almacenamiento en el Banco de Germoplasma de CIMMYT muy amplio, que va desde 73, 66, 65, 56, 49 y 29 años. Los años de la última regeneración fueron desde 1985, 1989, 1997, 1998, 2003, 2004, 2006, 2010, 2012 y 2014, que representaron 32, 28, 20, 19, 17, 14, 13, 11, 7, 5 y 3 años, respectivamente. Los testigos locales fueron proporcionados por los productores cooperantes: Profr. Miguel González Lomelí, de Jala (TL1-MGL), Francisco Fránquez, de Jomulco (TL2-FF), Ismael Elías, de Coapan (TL3-CPN) y Marina Hernández de Jala (TL4-MRN). La semilla de los testigos locales tenía un año de almacenamiento al provenir de la cosecha de PV-2016.

Manejo agronómico

La parcela experimental fue establecida de manera similar a las actividades que realizan los productores del Valle de Jala, y que siembran la raza Jala. Esta fue realizada bajo condiciones de humedad residual o "siembras de húmedo", utilizando tracción animal; se sembró el 24 de abril de 2017. Se preparó la semilla en sobres individuales por surco, para entregársela al sembrador previa a la apertura del surco, en parcelas de 10 m de longitud previamente marcadas en el campo. Se utilizaron cinco surcos por accesión. El manejo





agronómico total fue de tipo orgánico, tal como lo realiza el productor cooperante. Como insumos se utilizó composta orgánica, similar a la que el productor elabora, así como bioinsumos proporcionados por la empresa PHYTOORGANIC®, como trampas de feromonas para captura de lepidópteros adultos, aplicación de mejoradores biológicos del suelo, bioinsecticidas y fertilizantes foliares orgánicos, correspondiente a la bitácora del manejo agronómico y toma de datos.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con dos repeticiones y arreglo en franjas con parcela experimental, constituido por cinco surcos de 10 m de longitud por cada una de las accesiones evaluadas, y los cuatro testigos locales, que conformaron un total de 36 unidades experimentales. Se cosechó la totalidad de los cinco surcos como parcela útil de los cuales se seleccionaron los de mayor población para la estimación del rendimiento de forraje seco e índice de cosecha.

VARIABLES EN ESTUDIO

VARIABLES DE DESARROLLO: emergencia 1, emergencia 2, vigor de hoja, ancho de hoja, longitud de hoja, diámetro de tallo.

VARIABLES PRODUCTIVAS: rendimiento de grano (t/ha), rendimiento de forraje (peso de planta completa a cosecha en t/ha, IC = índice de cosecha (rend. grano/rend. forraje), densidad de población por ha, días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta (cm), altura de mazorca (cm), acame de raíz (No. plantas), acame de tallo (No. de plantas), plantas cosechadas, mazorcas cosechadas, mazorcas dañadas, mazorcas horas, peso de mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, Rel. DMZ/LMZ, NHMZ=Número de hileras por mazorca.

VARIABLES REPRODUCTIVAS. Componentes de rendimiento de mazorca y grano: mazorca (número de granos por hilera, número de granos por mazorca, factor de desgrane, peso de grano, peso de olote, diámetro de olote). Grano (longitud de grano, grosor de grano, ancho de grano, relación de ancho y grosor de grano, relación grosor de grano y ancho de grano, peso de 100 semillas), Volumen de P100S [peso hectolítrico, humedad de grano, textura de endospermo (1 = Dentado, 2 = Semidentado, 3 = Semicristalino, 4 = Cristalino)].





Análisis estadístico. Para efecto de poder realizar inferencia estadística en la expresión de las variables en estudio, se realizaron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$).

Resultados y discusión

Etapa de desarrollo

Con el propósito de darle seguimiento al comportamiento y re-adaptación de las accesiones en evaluación, se muestreo el desarrollo del maíz durante la etapa vegetativa inicial a través del muestreo de la emergencia de la planta. Durante el primer muestreo efectuado a los 10 días de sembrado se observó una emergencia promedio en el ensayo de un 28.8% de plantas, donde NAYA-130 y NAYA-208 mostraron el mayor vigor de emergencia (50 y 45%).

Dicho vigor se mantuvo consistente (más alto) en el segundo muestreo de emergencia con un 90% de emergencia 15 días después. Sin embargo, estadísticamente no se detectaron diferencias entre todas las accesiones, y los testigos. Las variables consideradas durante la etapa vegetativa activa, vigor de hoja, ancho de hoja y diámetro de tallo, no mostraron diferencias significativas. Las accesiones NAYA-30 y NAYA-54, mostraron mayor vigor de hoja (1: verde más intenso). NAYA-129, NAYA-56, y NAYA-337 mostraron mayor ancho de hoja (>11).

En longitud de hoja, hubo diferencia estadística; los testigos mostraron mayor longitud que las accesiones re-introducidas (>111). Las mayores longitudes de hoja dentro de las accesiones se ubicaron en: NAYA-337 y NAYA-GP4 (105.5 y 106.5).

En diámetro de tallo, no se detectó diferencia estadística entre las 18 accesiones evaluadas, NAYA-130, NAYA 4 y NAYA-337, mostraron mayor diámetro o grosor de tallo (10.20, 10.20 y 9.5), superando numéricamente a los tratamientos testigos (9.0).

Se pudo apreciar en general un mayor vigor en los testigos locales, y las accesiones que destacaron con mayor vigor en la etapa vegetativa inicial y activa fueron: NAYA-130, NAYA-208 y NAYA-337





Etapa reproductiva

Los resultados obtenidos arrojaron significancia estadística en nueve de las 14 variables evaluadas en la etapa reproductiva: forraje, índice de cosecha (IC), densidad de población (DP), días a floración masculina (FM) y floración femenina (FF), altura de mazorca (AM), acame de tallo (AT), plantas cosechadas y mazorcas horras o estériles (MZH). El rendimiento promedio de grano obtenido en el ensayo fue de 2.3 t/ha. El mejor rendimiento de grano fue obtenido con el testigo local TL1 MGL con una producción de 3.4 t/ha, y las accesiones con rendimientos superiores a las 2.5 t/ha fueron NAYA-72 con 3.1, NAYA-53 con 2.8 y NAYA-337 con 2.5 t/ha.

Componentes de rendimiento de grano

Las características de mazorca y grano desde el punto fisiológico y genético llegan a constituirse como los principales determinantes del rendimiento de grano. En lo referente a la mazorca, de las 11 características consideradas en el presente estudio, 10 de ellas resultaron significativas (* $\alpha = 0.05$ y **: $\alpha = 0.001$), no así el factor de desgrane (FD) en las accesiones evaluadas. Las accesiones con mayor peso de mazorca fueron NAYA-53, NAYA-72, NAYA-337, NAYA-54, NAYA-339 y NAYA-56 con 311, 293, 284, 275, 269 y 260 g, respectivamente, las cuales superaron al rendimiento promedio general (248.4). De igual manera los testigos TL1 MGL y TL3 CPN, presentaron los pesos más altos de mazorca en el ensayo con 351 y 334 g.

En lo que respecta a la longitud de mazorca, las accesiones que mostraron el mayor tamaño fueron NAYA-53 (24 cm), NAYA-72 (21 cm) y NAYA-337 (21.6 cm). Estas superaron a la longitud promedio general de mazorca del ensayo (20.3 cm). Sin embargo, los testigos locales TL1 MGL y TL3 CPN, expresaron la mayor longitud de mazorca con 24.7 cm. Tomando como referencia la mayor longitud de mazorca de 38 cm de la muestra de maíz Jala que actualmente conserva y siembra el productor cooperante, Jesús Rodríguez López de Jala, los tamaños de mazorca encontrados en promedio en el ensayo, las mazorcas de las accesiones son 47% más chicas y 35% menor la mazorca de mayor tamaño de los testigos TL1 MGL y TL3 CPN. La presencia de un olote de 40 cm de longitud amplía proporcionalmente las anteriores diferencias hasta un 49% y un 38 % (Figura 6). Si bien los genes determinantes del tamaño de mazorca prevalecen en la raza Jala, se infiere que los





menores tamaños encontrados en el estudio pueden ser efecto de un manejo agronómico diferencial entre el uso de insumos orgánicos en el ensayo y uso de insumos químico-minerales en la parcela del Sr. Jesús Rodríguez, una vez que el posible efecto de la precipitación en este año no fue limitante e igual fue aprovechado por ambas parcelas del Valle Jala-Jomulco.

El número de hileras por mazorca y número de granos por hilera son dos de los principales componentes de rendimiento de grano. Así, se encontró diferencia significativa entre accesiones en cada una de estas variables; tanto las accesiones como los testigos presentan de 12 a 14 hileras; en este caso el promedio de hileras no es representativo, en virtud de que todas las florecillas femeninas vienen en pares y de igual manera, así se reflejarán igual en madurez en hileras de grano apareadas en múltiplos de dos. Resultó notable en el análisis individual de datos, que las accesiones NAYA-6, NAYA-53 y NAYA-54, presentaron un intervalo mayor de número de hileras (12 a 20, 12 a 18 y 12 a 18, respectivamente), muy diferente al de las otras accesiones y a los testigos, cuyos intervalos de número de hileras fue mucho más corto. Es probable que estas accesiones no sean realmente representativas de la raza Jala. En lo referente a número de granos por hilera, no obstante que estos fueron muy similares en los tres casos (promedio en accesiones de 39.0, en testigos de 38.3 y de 39.1 promedio general), esta variable estuvo altamente asociada a la longitud de mazorca.

Conclusiones

1. Durante la etapa de desarrollo observada en las etapas vegetativa inicial y vegetativa activa, se apreció en general un mayor vigor en los testigos actuales, sin embargo, las accesiones que destacaron con mayor vigor tanto en la etapa vegetativa inicial como en la activa fueron: NAYA-130, NAYA-208 y NAYA-337. 2. Durante la etapa reproductiva, los resultados obtenidos indicaron una significancia estadística en nueve de las 14 variables evaluadas: forraje, índice de cosecha, densidad de población, días a floración masculina y floración femenina, altura de mazorca, acame de tallo, plantas cosechadas y mazorcas horas o estériles. 3. El rendimiento promedio de grano obtenido en el ensayo fue de 2.3 t/ha. El mejor rendimiento de grano fue obtenido con el testigo local TL1 MGL con una producción de





3.4 t/ha, y las accesiones con rendimientos superiores a las 2.5 t/ha fueron NAYA-72 con 3.1, NAYA-53 con 2.8 y NAYA-337 con 2.5 t/ha. 4. Con base en los resultados aquí obtenidos en este primer año de prueba, se sugieren como características reproductivas básicas e importantes, para caracterizar fenotípicamente las accesiones en evaluación: rendimiento de grano, días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca. Lo anterior ayudará a identificar a aquéllas con mayor similitud al complejo racial del maíz Jala. De igual manera, los siguientes componentes de rendimiento de mazorca y grano: peso, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras, granos por hilera y por mazorca, longitud, grosor y ancho de grano, complementarán el fenotipo de las accesiones evaluadas. 5. Mediante la encuesta realizada a productores, se corroboró tanto su resiliencia como su falta de interés en continuar sembrando el maíz de la raza Jala.

Literatura citada

- Cárdenas, R. F. y J. M. Hernández C. 1988. Country Reports - Mexico. *In*: CIMMYT. Recent advances in the conservation and utilization of genetic resources. Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop. INIFAP - CIMMYT. México. 162 p. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/566>.
- Herrera, C. B. E., A. Macías L., R. Díaz R., M. Valadez R. y A. Delgado A. 2002. Uso de semilla criolla y caracterización de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(1):17-23.
- Kato, Y. T. A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H., y R. A. Bye B. 2009. Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- MAIZE 2016. Agri-Food Systems Proposal (2017-2022). Research Program of Maize. CGIAR. Repository March 2016. 410 p. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10947/4264/2-MAIZE%20Full%20Proposal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>





- Muñoz, O. A. 2003. Centli-Maíz: prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico. 1ª. ed. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de Méx., México. 210 p.
- Ortega, C. A., V. A. Vidal M., J. Ron P. y M. J. Guerrero H. 2006. Informe de actividades 2004 del Proyecto 070: Recolección, conservación y utilización de los maíces nativos del noroccidente de México. INIFAP, Universidad de Guadalajara. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Red de Maíz. 82 p.
- Ortega, C. A., M. J. Guerrero H., O. Cota A., O. Palacios V. y V. A. Vidal M. 2008. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres de México. Proyecto FZ-002. Informe de actividades de la Primera Etapa 2006-2008. Componente 1: Diversidad y Distribución Actual de los Maíces Nativos en Nayarit. Informe final de actividades 2007-2008. INIFAP-CONABIO. 36 p.
- Ortega-Paczka, R. 2003. La diversidad del maíz en México. p. 123-154. *In*: Esteva, G. y C. Marielle (coords.) Sin Maíz no hay País. CONACULTA. México, D. F.
- Rice, E. 2004. Conservation and change: A comparison of *in-situ* and *ex-situ* conservation of Jala maize germplasm in Mexico. Tesis de doctorado. Cornell University. Ithaca, NY, USA. 120 p.
- Rice, E. 2007. Conservation in a changing world: *in situ* conservation of the giant maize of Jala. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54:701-713.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Maíz de grano en el Estado de Nayarit, ciclos OI y PV (Riego + Temporal y Temporal). SIAP. SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx> [consultado el 3 de febrero de 2017].
- Turrent, A. and J. A. Serratos. 2004. Context and background on maize and its wild relatives in México. p. 1-55. *In*: Maize and biodiversity: The effects of transgenic maize in México. The Commission for Environmental Cooperation. Quebec, Canada.
- Vidal, M. V. A., F. Herrera C., J. L. Ramírez D., J. M. Hernández C., J. J. Sánchez G., B. J. Coutiño E. *et al.* 2017. Maíces nativos de Nayarit, México. Libro Técnico Núm. 08. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Santiago Ixcuintla, Nay., México. 145 p.





Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, E. Hernández X. y P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Oficina de Estudios Especiales. México, D. F. 237 p.

Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, E. Hernandez-X. and P. C. Mangelsdorf. 1952. Races of maize in Mexico. Their origin, characteristics and distribution. Harvard University. The Bussey Foundation. Cambridge, MA. 223 p.

Westengen, O., T. Hunduma and K. Skarbø. 2017. From genebanks to farmers. A study of approaches to introduce genebank material to farmers' seed systems. Noragric Report No. 80. Norwegian University of Life Sciences.

<https://www.nmbu.no/en/faculty/landsam/departament/noragric/publications/reports>.





EFFECTO DE METABOLITOS SECUNDARIOS Y ACEITES VEGETALES SOBRE *Ralstonia solanacearum* Y EN SEMILLAS DE *Solanum lycopersicum*

Roberto Montes Belmont†⁸¹ e Hilda Elizabet Flores Moctezuma^{81*}

Resumen

La marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith, afecta a nivel mundial a más de 200 especies vegetales, principalmente en los cultivos de zonas tropicales y subtropicales entre los que se encuentran las solanáceas, musáceas y algunas ornamentales. En este estudio se demostró que los compuestos y aceites esenciales evaluados tuvieron actividad sobre el crecimiento de la bacteria, por lo tanto, tienen un gran potencial para ser utilizados en su control. Estos compuestos y aceites esenciales pueden ser usados como un desinfectante de semillas, lo que permite la posibilidad de una alternativa ecológica de manejo de esta enfermedad.

Palabras clave: metabolitos de plantas, control antibacterial

Introducción

Las enfermedades producidas por bacterias son un serio problema en la producción de cultivos alimenticios de importancia económica; entre estas enfermedades se encuentra la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* E. F. Smith que a nivel mundial afecta más de 200 especies, principalmente cultivos de zonas tropicales y subtropicales como solanáceas, musáceas y algunas ornamentales. Muchas arvenses son hospederas del patógeno y por lo tanto aumentan el potencial de *R. solanacearum* contribuyendo a su sobrevivencia y permanencia en el campo. La enfermedad se manifiesta principalmente en el follaje de la planta, que puede marchitarse y desecarse rápidamente, aunque las hojas secas

⁸¹ Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. *emoctezu@gmail.com





se mantengan verdes; los haces vasculares se desintegran y frecuentemente el tallo se aprecia hueco, conduciendo a un marchitamiento general y finalmente a la muerte de la planta.

Los frutos maduros no completan su desarrollo y se desprenden del pedúnculo con facilidad, mientras que la raíz se ve sana (Rodríguez, 2007; Champoiseau, 2009).

La importancia fitosanitaria que tiene esta bacteria sobre el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*) es considerable, ya que esta hortaliza se cultiva en más de cien países con una producción de dos millones de toneladas anuales, la cual se destina para su consumo en fresco o la industria. Los principales países productores son: China, India, Estados Unidos, Turquía, Egipto y México, que ocupa el décimo lugar (<http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/1543-tomate-mundo-15->).

En los últimos años, México ha ocupado el primer lugar en exportaciones de este fruto, teniendo su principal mercado en Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, España, Alemania, Suiza y Australia. Dentro de los estados productores, Morelos se ubica dentro de las diez entidades con mayor producción de jitomate, aportando el 29.03% de la producción nacional de esta hortaliza, y dentro del estado, su cultivo ocupa el segundo en importancia. Recientemente se reportó la presencia de *R. solanacearum* afectando cultivos de jitomate en condiciones de invernadero en el estado de Morelos (Hernández *et al.*, 2012).

El control de este patógeno es difícil, debido al amplio rango de hospedantes, a su vasta distribución y su variabilidad genética. Actualmente, las medidas para el control de esta enfermedad se enfocan en evitar su diseminación y prevenir su aparición mediante métodos culturales (Champoiseau, 2009; Melgar, 2012). El uso de metabolitos de origen vegetal con actividad biológica sobre un amplio espectro de microorganismos son una alternativa que está en vía de desarrollo y explotación, dentro de ellos los aceites esenciales y compuestos que los constituyen tienen un gran potencial, de ahí que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes aceites y compuestos vegetales sobre *R. solanacearum* y la germinación de semillas de jitomate inoculadas con la bacteria.





Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Interacciones Planta-Insecto del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en Yautepec, Morelos, México.

Aceites esenciales y compuestos químicos

Se evaluaron los aceites esenciales de: eucalipto, tomillo, canela, yerbabuena, ruda, chile y ajo (marca Aceites y Esencias S.A.) y 11 compuestos químicos: citral, β -citronelol, eugenol, geraniol, carvacrol, linalol, borneol, alcanfor, mentol, cineol y timol (Sigma-Aldrich), todos con una pureza del 99%. Se esterilizó 1 mL de cada uno de estos aceites y compuestos en autoclave a 15 lb y 120°C durante 15 min. Para el bioensayo de actividad antibacteriana, los aceites y compuestos se utilizaron a una concentración de 1000 ppm en etanol al 98%. Para la determinación del porcentaje de germinación de semillas de jitomate tratadas con los aceites esenciales y los compuestos químicos citados se utilizó una concentración de 5000 ppm en etanol al 98%.

Cepa bacteriana fitopatógena

Se utilizó un aislamiento de *R. solanacearum*, obtenido de cultivo de jitomate de un invernadero de Cuautla, Morelos, conservado en medio NBY. El aislamiento se mantuvo en agar nutritivo y se incubó a 32°C durante 24 horas. A partir de este cultivo se preparó una suspensión con agua destilada estéril a una concentración de 1×10^6 , que posteriormente se utilizó como inóculo en planta y semilla.

Semillas de jitomate

Las semillas de *S. lycopersicum* utilizadas correspondieron a la variedad Río Grande, marca Emerald Seeds, que en condiciones de esterilidad fueron desinfectadas con una solución de agua destilada estéril:hipoclorito de sodio 3:1 durante 3 minutos, al término del tiempo se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril, posteriormente fueron utilizadas para el bioensayo.





Bioensayo de actividad antibacteriana. Para evaluar el efecto de los aceites y compuestos sobre la bacteria, se dispersaron 20 mL del inóculo en placas Petri de 5.5 cm de diámetro con agar nutritivo, posteriormente en el centro de cada placa se colocaron dos discos de papel filtro de 0.6 cm de diámetro que previamente se humedecieron por capilaridad en el aceite o compuesto químico a evaluar; para cada tratamiento se evaluaron cinco replicas y como control se utilizó agua estéril. Las placas se incubaron a 28°C durante 48 h; transcurrido el período de incubación se midió el diámetro de inhibición.

Germinación de semillas de jitomate tratadas con aceites esencial o compuestos y con la bacteria fitopatógena

Para evaluar el efecto de cada compuesto o aceite esencial sobre la bacteria y la germinación de jitomate se colocaron 75 semillas desinfectadas en un vial que contenía la solución del compuesto a evaluar, después se mantuvieron en agitación constante durante 35 s, posteriormente las semillas fueron colocadas en un vial con la suspensión bacterial; finalmente, en agar nutritivo se pusieron 25 semillas en cada una de las tres placas Petri de 10 cm de diámetro.

Cada tratamiento fue evaluado por triplicado, como controles se usaron: semillas sin tratamiento, sin inóculo (S/T S/I); semillas con tratamiento, sin inóculo (C/T S/I); semillas sin tratamiento, con inóculo (S/T C/I) y semillas con tratamiento, con inóculo (C/T C/I); en estos casos el tratamiento correspondió a agua destilada estéril a una concentración de 5000 ppm en etanol al 95%. Las placas se incubaron a 28°C, en oscuridad, durante 72 h; transcurrido el período de incubación se cuantificaron por tratamiento las semillas germinadas y las semillas con crecimiento bacterial para determinar los porcentajes.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistix 9.0. La prueba de Tukey se utilizó para determinar los efectos de los tratamientos sobre la germinación de las semillas y la incidencia de la enfermedad. Los resultados fueron expresados como promedio \pm errores estándar (SE).





Resultados y discusión

Bioensayo de actividad antibacteriana

De los siete aceites esenciales y 11 compuestos químicos evaluados, se observó que los compuestos que tuvieron un efecto bactericida sobre *R. solanacearum* fueron: citral, citronelol, eugenol, geraniol, carvacrol, linalol, cíneol y timol, así como los aceites de tomillo, eucalipto, canela, hierbabuena y ajo, ya que hubo inhibición total en el crecimiento de la bacteria, con una visible zona de inhibición de 2.5 cm de diámetro en promedio. Los compuestos con un efecto bacteriostático fueron el borneol y mentol y el aceite de ruda que presentaron una zona de inhibición parcial con diámetros de 0.29 cm., 0.30 cm. y 0.46 cm, respectivamente. El alcanfor y el aceite de chile no tuvieron efecto alguno sobre el crecimiento de la bacteria; en este caso la bacteria creció en toda la superficie de la caja Petri de igual manera que en el tratamiento testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto inhibitorio de aceites esenciales y compuestos químicos sobre *R. solanacearum*.

No.	Nombre común	Nombre científico	Aceite esencial o compuesto	Zona de inhibición	Diámetro de inhibición (cm)
1	Cítricos		<i>Citral</i>	+	2.5
2			<i>Citronelol</i>	+	2.5
3	Clavo de olor, nuez moscada o canela		<i>Eugenol</i>	+	2.5
4	Rosa o citronela		<i>Geraniol</i>	+	2.5
5	Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	<i>Carvacrol</i>	+	2.5
6	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	<i>Linalol</i>	+	2.5
7			<i>Borneol</i>	-	0.29
8	Alcanfor	<i>Cinnamomum camphora</i>	Alcanfor	-	0.0
9	Menta	<i>Menta arvensis</i>	Mentol	-	0.30
10	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Cineol	+	2.5
11	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucaliptol	+	2.5
12	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Timol	+	2.5
13	Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Tomillo	+	2.5
14	Canela	<i>Cinnamomum sp.</i>	Canela	+	2.5
15	Yerbabuena	<i>Mentha piperita</i>	Yerbabuena	+	2.5
16	Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Ruda	-	0.46
17	Chile	<i>Capsicum annuum</i>	Chile	-	0.0
18	Ajo	<i>Allium sativum</i>	Ajo	+	2.5

+ presentó zona de inhibición. - no presentó zona de inhibición.





Germinación de semillas de jitomate tratadas con aceites esencial o compuestos y con *R. solanacearum*

Para estas determinaciones únicamente se evaluaron los aceites esenciales de tomillo, eucalipto, canela, hierbabuena y ajo y los compuestos citral, citronelol, eugenol, geraniol, carvacrol, linalol y cineol que mostraron un efecto bactericida en el bioensayo de actividad antibacteriana. Entre los aceites y compuestos hubo diferencias significativas con relación al porcentaje de germinación. En el testigo, con semillas sin tratamiento y sin inóculo, se obtuvo un 98.33% de germinación, seguido del aceite de canela, hierbabuena y ajo y los compuestos citral, eugenol, geraniol, carvacrol, linalol y cineol con valores entre el 94.66% y el 85.33%, el valor más bajo lo obtuvo el citronelol con 48%.

En cuanto al porcentaje de crecimiento bacterial en las semillas, los tratamientos no difirieron de los testigos, aun cuando los valores fueron de 0% a 70.66% (Cuadro 2). Al observar esto se infirió que los compuestos eugenol y geraniol son los que menos afectaron la germinación de las semillas de jitomate al mismo tiempo que inhibieron el crecimiento de la bacteria; mientras que los aceites de tomillo, eucalipto y citronelol registraron algún efecto negativo sobre la germinación de las semillas y no provocaron inhibición total sobre el crecimiento de la bacteria.

La actividad antibacteriana de los monoterpenos, canfeno, (R)-canfor, (R)-carvona, 1,8-cineol, cuminaldehido, (S)-fenchona, geraniol, (S)-limoneno, (R)-linalol, (1R, 2S, 5R)-mentol, mirceno y timol fue probado contra *A. tumefaciens* y *E. carotovora* var. *carotovora* utilizando el método de dilución en agar. Entre los monoterpenos probados, timol, (S)-limoneno y mirceno fueron los compuestos antibacterianos más potentes contra *A. tumefaciens*. El timol fue el compuesto más eficaz contra *E. carotovora* var. *carotovora*, mientras que canfeno, cuminaldehido y 1,8-cineol fueron los compuestos menos eficaces contra las bacterias (Rasoul *et al.*, 2012).

En *R. solanacearum* se han evaluado *in vitro* diferentes concentraciones de los aceites esenciales de citronela, eucalipto, clavo de olor y jengibre y de los extractos de clavo de olor, jengibre, canela y melón Sao Caetano. Los tratamientos con aceite de eucalipto y extractos de melón Sao Caetano, clavo de olor y canela no inhibieron el crecimiento de la bacteria, mientras que el extracto de jengibre y los aceites de citronela, clavo de olor y jengibre lo hicieron en todas las concentraciones ensayadas (Amorim *et al.*, 2011). Lee *et al.* (2012)



evaluaron los aceites de canela, citral, clavo, eugenol, geraniol y limoneno, encontrando que el aceite de canela y aceite de clavo ejercieron la actividad más eficaz sobre la bacteria.

Cuadro 2. Efecto de aceites esenciales y compuestos en la germinación de semillas de jitomate e inhibición de *R. solanacearum*.

Aceite esencial o compuesto	% de germinación de <i>S. lycopersicum</i>	% de crecimiento bacterial en semillas
Tomillo	81.33 ± 7.44 abc	34.66 ± 50.63 a
Eucalipto	76 ± 3.57 bc	70.66 ± 45.44 a
Canela	90.66 ± 9.00 ab	37.33 ± 48.83 a
Hierbabuena	93.33 ± 2.06 ab	36 ± 49.70 a
Ajo	90.66 ± 2.06 ab	4 ± 6.19 a
Citral	86.33 ± 6.94 ab	66.66 ± 51.63 a
Citronelol	48 ± 3.57 c	0 a
Eugenol	94.66 ± 5.46 ab	0 a
Geraniol	94.66 ± 5.46 ab	1.33 ± 2.06 a
Carvacrol	90.66 ± 2.06 ab	69.33 ± 47.50 a
Linalol	85.33 ± 9.00 ab	34.66 ± 50.63 a
Cineol	89.33 ± 4.13 ab	100 ± 0 a
S/T S/I	98.66 ± 2.06 a	0 a
C/T S/I	0 d	0 a
S/T C/I	93.33 ± 5.46 ab	0 a
C/T C/I	94.66 ± 5.46 ab	1.33 ± 2.06 a

Los valores seguidos por letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$) con base en la prueba de Tukey.

En trabajos enfocados a identificar los aceites esenciales de *Ocimum basilicum* L. (albahaca blanca) y *O. basilicum* var. *genovese* L. (albahaca genovesa) como candidatos para el desarrollo de nuevos antibacterianos, se encontró que la composición química de ambos aceites es similar, éstos se caracterizan por la prevalencia de compuestos monoterpenoides oxigenados, siendo los componentes mayoritarios el linalol, eugenol y eucaliptol. Los aceites de albahaca blanca y genovesa evidenciaron una actividad antibacteriana marcada frente a *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, que es el agente causal de la escaldadura foliar de la caña de azúcar (Rojas *et al.*, 2012).

También se determinó la actividad antibacteriana de aceite de clavo de olor contra bacterias gram negativas: *R. solanacearum*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora* pv.





carotovora, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* y *Xanthomonas campestris* pv. *Pelargonii*, así como gram positivas: *Rhodococcus fascians* y *Streptomyces* spp.

Todas las bacterias fitopatógenas evaluadas resultaron ser sensibles al aceite de clavo, particularmente *R. solanacearum* (Huang y Lakshman, 2010). En otro caso se evaluó la actividad del aceite de *Spiraea alpina* Pall sobre *R. solanacearum*, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, *X. campestris* pv. *citri* y *E. carotovora* subsp. *carotovora*, se encontró que *R. solanacearum* es sensible al aceite en bajas concentraciones, siendo uno de sus componentes principales el linalol (Teng et al., 2010).

Respecto al aceite de ajo, se ha reportado el uso de extractos acuosos de las catáfilas de *Allium sativum*, así como de hojas de *Phyllanthus niruri*, *Chamaesyce hirta*, *Azadiractha indica* y *Datura stramonium* y de extractos etanólicos de *Gliricidia sepium*, *Calotropis procera*, *Ocimum basilicum* y *Lantana* sp. De los extractos acuosos vegetales, sólo *D. stramonium* no tuvo efecto bactericida y los más promisorio resultaron ser los de *A. sativum* que causó los mayores halos de inhibición y *C. hirta*. Otros extractos que han sido probados son los obtenidos con acetato de etilo a partir de *Brassica oleracea* var. *botrytisand*, de *Ipomoea batatas* y de *Ocimum gratissimum*, en concentraciones diferentes para cada uno, presentaron un efecto de inhibición sobre el crecimiento bacterial de *R. solanacearum* (Wagura et al., 2011).

En pruebas *in vitro* e *in vivo* los extractos vegetales de dientes de *A. sativum* y frutos de *F. carica* mostraron efectos sobre *P. syringae* pv. *tomate*, *Xanthomonas vesicatoria* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, los agentes causales de la mota bacteriana, mancha bacteriana y cancro bacteriano en tomate (Balestra et al., 2009)

En campo para controlar la marchitez bacteriana en tomate, se ha determinado la eficacia de los aceites esenciales de timol, palmarosa y hierba de limón, como fumigantes del suelo, obteniéndose niveles indetectables de la bacteria; además, con el aceite de timol las plantas de tomate se encontraron sin ningún síntoma de la enfermedad (Pradhanang et al., 2003; Ji et al., 2005).

Deberdt (2012) redujo significativamente la incidencia del marchitamiento bacteriano del tomate al aplicar al suelo, antes de la siembra, el extracto acuoso de *Allium fistulosum* en concentraciones del 100 y 50%. Oraby y El-Borollosy (2013) asperjaron aceites de *O. basilicum* y de *Thymus vulgaris* antes de inocular tubérculos de papa con *R. solanacearum*;





después de preservarlos a 4°C, el aceite de *O. basilicum* emulsionado con agua y jabón dio los mejores resultados, seguido del aceite de *T. vulgaris* con jabón, ya que de cada 10 tubérculos sólo dos y tres, respectivamente, presentaron síntomas de la enfermedad.

Paret *et. al.* (2010) probaron los aceites de palmarosa, hierba de limón y eucalipto por sus efectos sobre *R. solanacearum* raza 4, para reducir la enfermedad de la marchitez bacteriana en jengibre comestible. *In vitro* los aceites de palmarosa y hierba de limón mostraron una inhibición completa del crecimiento bacteriano y el aceite de eucalipto demostró una menor actividad. En campo ninguno de los aceites redujo la incidencia de la enfermedad.

En cepas patógenas para el hombre relacionadas con enfermedades transmitidas por alimentos, entre ellas *Salmonella* sp., *Campylobacter jejuni* y *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus*, fueron probados los extractos de agua, etanol, metanol, hexano y acetato de etilo de *Amaranthus hybridus* y *Ruta graveolens*. Los resultados mostraron que *A. hybridus* en metanol y hexano inhibieron a *L. monocytogenes* y *B. cereus*; en acetato de etilo, hexano y etanol inhibieron a *C. jejuni* y *Salmonella* sp. y en extracto acuoso a *C. jejuni*. Por su parte *R. graveolens* en etanol inhibió a *Salmonella* sp. y *L. monocytogenes*, en metanol a *L. monocytogenes* y *B. cereus*, en acetato de etilo y etanol inhibieron *C. jejuni* y *L. monocytogenes*. La única bacteria que no mostró inhibición a ninguno de los tratamientos fue *P. aeruginosa* (Orozco, 2011).

Los aceites esenciales de *Mentha piperita*, *O. basilicum* y *Thymus vulgaris* se probaron para determinar su efecto inhibitorio sobre las bacterias *Escherichia coli* y *P. aeruginosa*. Datos de GC revelaron que los principales compuestos de *M. piperita* fueron mentol (35.44%) y mentona (20.11%); de *O. basilicum*, el componente principal fue linalol (45.11%); mientras que de *T. vulgaris*, el componente principal fue timol (75.76%). Los resultados de las pruebas de sensibilidad indicaron que el aceite más eficaz contra las bacterias fue de *O. basilicum* seguido de *T. vulgaris* (Oraby y El-Borollosy, 2013).

Zarai *et al.* (2012) refirieron que el aceite esencial de hojas de *Ricinus communis* muestra una alta actividad antimicrobiana contra *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Enterobacter cloacae*. El análisis por GCMS de aceite condujo a la identificación de cinco compuestos representando el 99.97% del aceite, la composición era predominantemente de α -tuyonay, 1,8- cineol, α -pineno, alcanfor y canfeno.





Para el tratamiento de semillas se ha reportado el uso de aceites esenciales de eucalipto y romero para el control de *Xanthomonas perforans*, el efecto sobre la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas de jitomate. Ambos tratamientos a una concentración de 2% inhibieron el crecimiento de *X. perforans* en los ensayos *in vitro* y redujeron consistentemente la incidencia y la gravedad de la enfermedad en pruebas con plantas, además no se observaron efectos negativos sobre la germinación de las semillas y crecimiento de las plántulas (Mbega *et al.*, 2012).

También se evaluó el efecto del aceite esencial de *Satureja hortensis* L., sus extractos (n-hexano, cloroformo, acetona y metanol) y los compuestos carvacrol y timol a diferentes concentraciones, contra *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* y *Xanthomonas axanopodis* pv. *vesicatoria*, en semillas de jitomate y lechuga. Las semillas cubiertas por la bacteria se expusieron a los vapores de los aceites esenciales o se aplicaron directamente en el aceite y extractos. Los resultados mostraron que el aceite esencial, carvacrol y timol tienen una fuerte actividad anticrecimiento contra las bacterias en placas de Petri, sin embargo, los extractos mostraron una débil actividad antibacteriana. La aplicación directa de algunas concentraciones del aceite mostró efecto tóxico sobre la germinación de semillas. Por otra parte, la aplicación indirecta del aceite y las aplicaciones directas o indirectas de extractos de hexano y metanol no fueron tóxicos (Kotan *et al.*, 2013).

Conclusiones

1. Los compuestos y aceites esenciales evaluados tuvieron actividad antimicrobiana sobre el crecimiento de *R. solanacearum*, por lo tanto, tienen un gran potencial para ser utilizados en el control de la marchitez bacteriana. 2. Estos compuestos y aceites esenciales pueden ser usados como un desinfectante de semillas, lo que permite la posibilidad de mejorar el control de esta bacteria en el cultivo de jitomate.





Agradecimientos

Se agradece a la SIP del IPN quien apoyo económicamente para la realización de este proyecto.

Literatura citada

- Amorim, E. P. D., F.W. De Andrade R., M. D. Moraes E., C. Da Silva J., D. Lima R. and E. P. De Lemos, E. 2011. Antibacterial activity of essential oils and extracts on the development of *Ralstonia solanacearum* in banana seedlings. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33(1):392-398.
- Balestra, G. M., A. Heydari, D. Ceccarelli, E. Ovidi and A. Quattrucci. 2009. Antibacterial effect of *Allium sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. *Crop Protection* 28(10):807-811.
- Champoiseau, G. P. 2009. *Ralstonia solanacearum* raza 3 biovar 2. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Programa de Iniciativa Nacional de Investigaciones. 15 p.
- Deberdt, P., B. Perrin, R. Coranson-Beaudu, F. Duyck P. and E. Wicker. 2012. Effect of *Allium fistulosum* extract on *Ralstonia solanacearum* populations and tomato bacterial wilt. *Plant Disease* 96:687-692.
- Hernández, R. J., S. Ramírez R. and C. Ydrac M. 2012. First report of *Ralstonia solanacearum* causing tomato bacterial wilt in Mexico. *New Disease Reports* 26:22 p. [<http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2012.026.022>]
- Huang, Q. and K. Lakshman D. 2010. Effect of clove oil on plant pathogenic bacteria and bacterial wilt of tomato and geranium. *Journal of Plant Pathology* 92:701-707.
- Kotan, R., F. Dadasoglu, K. Karagoz, A. Cakir, H. Ozer, D. Kordali *et al.* 2013. Antibacterial activity of the essential oil and extracts of *Satureja hortensis* against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants. *Scientia Horticulturae* 153:34-41.





- Ji, P., M. T. Momol, S. M. Olson, P. M. Pradhanang and J. B. Jones. 2005. Evaluation of thymol as biofumigant for control of bacterial wilt of tomato under field conditions. *Plant Disease* 89:497-500.
- Lee, Y. H., C. W. Choi, S. H. Kim, J. G. Yun, S. W. Chang, Y. S. Kim *et al.* 2012. Chemical pesticides and plant essential oils for disease control of tomato bacterial wilt. *Plant Pathology Journal* 3(28):3239.
- Melgar, J. C. 2012. Marchitez bacteriana en solanáceas: su reconocimiento y su manejo integrado. 1a ed. FHIA. La Lima, Cortés, Honduras. 19 p.
- Mbega, E. R., R. B. Mabagala, C. N. Mortensen and E. G. Wulff. 2012. Evaluation of essential oils as seed treatment for the control of *Xanthomonas* spp. associated with the bacterial leaf spot of tomato in Tanzania. *Journal of Plant Pathology* 94:273-281.
- Oraby, M. M. and A. M. El-Borollosy. 2013. Essential oils from some Egyptian aromatic plants as an antimicrobial agent and for prevention of potato virus Y transmission by aphids. *Annals of Agricultural Science* 58(1):97-103.
- Orozco, A. A., J. A. Escareño, S. E. Vaquera y M. Ramírez. 2011. Evaluación bactericida de extractos totales de *Amaranthus hybridus* y *Ruta graveolens* aplicados a bacterias transmisoras de ETA's. *Vitae* 18(2):S92.
- Paret, M. L., R. Cabos, B. A. Kratky and A. M. Alvarez. 2010. Effect of plant essential oils on *Ralstonia solanacearum* race 4 and bacterial wilt of edible ginger. *Plant Dis.* 94:521-527.
- Pradhanang, P. M., M. T. Momol, S. M. Olson and B. J. Jones. 2003. Effects of plant essential oils on *Ralstonia solanacearum* population density and bacterial wilt incidence in tomato. *Plant Disease* 87(4):423-427.
- Rodríguez, M. D. J. 2007. Determinación de biovares y razas de *Ralstonia solanasearum* E. F. Smith, asociados a la marchitez bacteriana, en los cultivos de tomate *Solanum lycopersicon* L. y chile pimiento *Capsicum annum* L. en el oriente de Guatemala. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. San Carlos, Guatemala. 72 p.





- Rojas, M. M., Y. Sánchez, Y. Abreu, I. Espinosa, T. M. Correa y O. Pino. 2012. Caracterización química y actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Ocimum basilicum* L. y *Ocimum basilicum* var. genovese L. Rev. Protección Vegetal 27(2):130-134.
- Rasoul, M. A. A., G. I. K. Marei and S. A. M. Abdelgaleil. 2012. Evaluation of antibacterial properties and biochemical effects of monoterpenes on plant pathogenic bacteria. African Journal of Microbiology Research 6:3667-3672.
- Teng, Y., Q. Yang, Z. Yu, G. Zhou, Q. Sun, H. Jin *et al.* 2010. *In vitro* antimicrobial activity of the leaf essential oil of *Spiraea alpina* Pall. World J. Microbiol. Biotechnol. 26:9-14.
- Wagura, A. G., S. O. Wagai, L. Manguro and B. M. Gichimu. 2011. Effects of selected plants' extracts on *in vitro* growth of *Ralstonia solanacearum* (Smith), the causal agent of bacterial wilt of Irish potatoes. Plant Pathology Journal 10(2):66-72.
- Zarai, Z., I. Ben Chobba, R. Ben Mansour, A. Békir, N. Gharsallah and A. Kadri. 2012. Essential oil of the leaves of *Ricinus communis* L.: *In vitro* cytotoxicity and antimicrobial properties. Lipids Health and Disease 11:102.





POLINIZACIÓN MANUAL DE TRES VARIEDADES DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) PARA INCREMENTAR RENDIMIENTO

Jeremías Nataren-Velázquez^{82*}, Ana Lid del Angel-Pérez⁸², Danilo Nataren Velázquez⁸³ y María de Jesús Martínez Hernández⁸⁴

Resumen

Las pitahayas pertenecen a la familia de las cactáceas y su distribución en México es amplia. Su importancia como cultivo se debe a la demanda de sus frutos en el mercado nacional e internacional. Existen especies y variedades tanto cultivadas como silvestres del género *Hylocereus*, cuyo estudio y clasificación es todavía muy pobre. Se pueden encontrar diferencias en la flor, tallo, espinas y fruto. A pesar de la diversidad de polinizadores que existen no todos son eficientes o bien por la aplicación constante de pesticidas estos han dejado de ser efectivos o se han aislado de las flores, ocasionando una disminución en el número de frutos por planta. Por lo anterior se evaluó el efecto de la polinización manual en tres variedades de pitahaya (Tanith, Ana y Rosa del sureste). El trabajo se realizó entre julio y agosto de 2017 en el Campo Experimental Cotaxtla bajo un diseño experimental completamente al azar de los cuales se polinizaron, por las noches, cinco flores por cada variedad. Se evaluó el peso total del fruto y pulpa, diámetro, longitud del fruto y grados brix. Se encontró diferencia significativa en las tres selecciones en cuanto al peso de pulpa del fruto que presentó un peso promedio de 315 g y 11.5 grados brix en comparación con los tratamientos donde no se polinizaron. En cuanto al peso total, longitud y diámetro del fruto la variedad Tanith fue significativamente superior a las otras dos variedades evaluadas. Se concluyó que la polinización manual tuvo efecto en las tres variedades de pitahaya.

Palabras clave: flor, diámetro y longitud de fruto, pitahaya, grados brix

⁸² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *nataren.jeremias@inifap.gob.mx

⁸³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro CAR-CHIAPAS.

⁸⁴ Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa, Universidad Veracruzana





Introducción

La "pitahaya" (*Hylocereus* spp.) es uno de los cultivos más promisorios para los climas tropicales y subtropicales. En los últimos años ha aumentado el interés por cultivar pitahaya en varios países, incluyendo Nicaragua, Costa Rica, Israel y México. En este último país, en 1995 se inició el establecimiento de plantaciones de pitahaya en la península de Yucatán y actualmente existen más de 300 hectáreas en producción. Dos de los tipos más cultivados en la región, se caracterizan por tener frutos con pulpa blanca, pero difieren por el color de su cáscara, en uno es rojo y en el otro es amarillo claro. Por lo cual el interés por cultivar estas variedades ha aumentado.

Existen especies y variedades tanto cultivadas como silvestres del género *Hylocereus*, cuyo estudio y clasificación es todavía muy pobre. Se pueden encontrar diferencias en la flor, el tallo, las espinas y el fruto. Algunas de estas variaciones son naturales, por la influencia de las condiciones ambientales, pero otras, sobre todo las que presentan las especies más importantes para el mercado, se deben al cultivar. Se ha encontrado que la autoincompatibilidad sexual total o parcial es una de las principales causas de la ausencia o escaso desarrollo de frutos en muchas especies silvestres y cultivadas de plantas con flores (Weiss *et al.*, 1994). La autoincompatibilidad es un mecanismo controlado genéticamente para forzar la polinización cruzada en las plantas hermafroditas; en la mayoría de las especies estudiadas se ha encontrado que un solo locus (S) multialélico controla genéticamente la autopolinización.

Los vectores de polinizadores de pitahayas son animales que muestran especificidad, pero no exclusividad, se hace mención de las abejas, palomillas colibríes y murciélagos. Las flores nocturnas son atractivas por el color blanco y la tonalidad diferente de sus periantos. A pesar de la diversidad de polinizadores no todos son eficientes o bien por la aplicación constante de fungicidas es que los polinizadores han dejado de ser efectivos o se han aislado y ya no es constante su llegada a las flores. Según Nerd *et al.* (2002), el rendimiento y la calidad de los frutos se ve afectado cuando no hay polinización cruzada en *Hylocereus* spp., por lo cual se tiene que polinizar manualmente para conseguir el amarre de fruto, como es el caso de *Hylocereus undatus*. La polinización manual de la pitahaya es una actividad poco compleja ya que las características de su flor facilitan esta operación, tales como los grandes tamaños





de las diferentes partes florales. Si bien existen genotipos de pitahaya autocompatibles y autoincompatibles, en ambos casos se recomienda realizar polinización manual, ya que esto aumenta una mayor fecundidad de las flores, contribuye a una mayor producción y por lo tanto más calidad y mejores oportunidades en el mercado internacional. (Martínez, 2011). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la polinización manual en tres variedades de pitahaya (Tanith, Ana y Rosa del sureste) para incrementar el rendimiento.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el campo Experimental Cotaxtla del INIFAP que se ubica en el municipio de Medellín, Veracruz, en las coordenadas 18°56'1.8" LN, 96°11'33.5" LW, a una altitud de 10 m. El municipio de Medellín presenta un clima cálido tropical sub húmedo con lluvias en verano, catalogado como Aw1 (Soto, 2001).

La precipitación media anual que se presenta en la región es de 1,350 mm, siendo el periodo más lluvioso de junio a octubre, donde se presenta el 80% de las precipitaciones de todo el año. La temperatura media anual máxima y mínima es de 31.8°C y 21.8°C, respectivamente. Las variedades utilizadas fueron: Tanith, Rosa del sureste y Ana, los tratamientos son los siguientes: Tanith, Ana y Rosa del Sureste polinizadas y Tanith, Ana y Rosa del Sureste sin polinizar; el método que se utilizó fue autopolinización manual la cual se realizó en un horario de las 21:00 24:00 horas. Las variables medidas fueron las siguientes: peso total, peso pulpa, diámetro, longitud y grados brix en frutos. El diseño fue completamente al azar se tomaron cinco flores por cada variedad evaluada.

Resultado y discusión

En el Cuadro 1 se observan las variables medidas en los seis tratamientos evaluados en cuanto a la polinización manual de tres variedades de pitahaya. De acuerdo al análisis estadístico realizado, para las variables peso total y peso de pulpa, las tres variedades





presentaron diferencia significativa al ser polinizadas. El peso promedio de pulpa conseguido en este trabajo fue superior al obtenido por Castillo *et al.* (2005) en su trabajo sobre caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya. En cuanto al diámetro y longitud del fruto los tratamientos Tanith y Rosa del Sureste polinizadas presentaron diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos. En un estudio realizado por Esquivel *et al.* (2007) encontraron diferencias entre genotipos con respecto al tamaño de los frutos. En el caso del genotipo “Nacional”, propio de Costa Rica, observaron frutos pequeños con diámetros ecuatoriales de 4.5 y 7.3 cm, que resultaron ser de menor tamaño que los obtenidos en el presente trabajo.

En la variable grados brix no se presentó diferencia estadística en los tratamientos evaluados. Al respecto, Castillo *et al.* (2005) encontraron valores entre 12 y 14 grados brix en frutos de pulpa blanca cultivados en Quintana Roo, México; así mismo menciona que los diámetros de los frutos oscilaron entre 6.7 y 8.8 cm, con una longitud de 7.4 y 9.6 cm y un peso entre 212 a 436 g. Al comparar los valores obtenidos en esta investigación con los de autor antes mencionado, se concluye que la polinización incrementa los valores de las variables mencionadas y en consecuencia el rendimiento.

Cuadro 1. Variables evaluadas en frutos de tres variedades de pitahaya.

Tratamientos	Peso total (g)	Peso pulpa (g)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Grados brix
Tanith polinizada	504.75a	315.0a	8.9ab	13.0a	11.5a
Tanith sin polinizar	407.5b	228.0b	7.5d	11.0b	10.8a
Ana polinizada	427.5a	302.6a	8.4abc	11.0b	10.9a
Ana sin polinizar	248.0b	173.5c	7.6cd	9.3c	10.3a
Rosa del sureste polinizada	444.2a	329.2a	9.6a	11.0b	10.8a
Rosa del sureste sin polinizar	255.2c	162.0c	8.1bcd	8.6c	10.5a
Nivel de significancia	*	*	*	*	NS
CV (%)	27.9116%	29.52%	8.50%	14.8%	6.94%

Letras diferentes dentro de la misma columna indican medias con diferencias estadísticas significativas NS=no significativo; ($p \leq 0.05$); CV= Coeficiente de variación





Conclusiones

1. La polinización manual tuvo efecto en el peso total de pulpa y en la longitud del fruto en las tres variedades de pitahaya. 2. En comparación con la variedad Ana y Rosa del sureste, la variedad Tanith fue la que presentó los mayores valores en las variables medidas. 3. Los grados brix no fueron afectados estadísticamente por los tratamientos evaluados.

Literatura citada

- Castillo, M. R., M. Livera M. y G. J. Márquez G. 2005. Caracterización morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agrociencia* 39:183-194.
- Esquivel, P., F. C. Stintzing and R. Carle. 2007. Fruit characteristics during growth and ripening of different *Hylocereus* genotypes. *European Journal of Horticultural Science* 72(5):231-238.
- Martínez, C. R. 2011. Relaciones entre genotipo, productividad y calidad de fruto en pitahaya (*Hylocereus* spp.). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de Méx., México. 66 p.
- Nerd, A., Y. Sitrit, R. Kaushik and Y. Mizrahi. 2002. High summer temperatures inhibit flowering in vive pitaya crops (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae* 96:343-350.
- Soto, M. y L. Gama G. 2001. Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3(2):31-40.
- Weiss, J. A. N. and Y. Mizrahi. 1994. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. *HortSci.* 29:1487-1492.





DESARROLLO DE PLANTAS DE COCO Y LIMÓN PERSA CON APORTE DE MATERIA SECA POR CULTIVOS INTERCALADOS

Laureano Rebolledo-Martínez⁸⁵, Juan Valente Megchún-García⁸⁶, Andrés Rebolledo-Martínez⁸⁵ y Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes⁸⁶

Resumen

Los cultivos asociados suministran alimentos en diferentes épocas del año, además que protegen el suelo de los fenómenos de erosión hídrica; una de las prácticas para mejorar las condiciones edafológicas de los suelos es la aplicación de abonos orgánicos o residuos de cosechas al suelo, lo que favorece el rendimiento de los cultivos. El objetivo fue implementar un sistema de cultivos de maíz y frijol intercalados con frutales de coco y limón persa, este sistema de plantación permite que los frutales aprovechen la materia seca producida por el maíz y frijol y se obtenga producción de los cultivos anuales. El trabajo se estableció en octubre de 2017, en El Hatillo, municipio de la Antigua, Veracruz, donde se estableció palma de coco y limón persa, en cepas en las que se adicionaron 2.0 kg de abonos orgánicos antes de la siembra. Antes del establecimiento de los cultivosd anuales, se abonó con 18 t/ha de materia seca de caña de azúcar y posteriormente se establecieron los cultivos de frijol Michigan y maíz del híbrido H-520, para el primero en tres fechas de siembra que correspondieron al 26 de enero, nueve de febrero y el 23 de febrero de 2018. En los frutales se midió altura de planta, diámetro de tallo, altura total de planta, número de hojas y ramas. Se caracterizaron cada uno de los órganos del frijol y se determinó el peso de grano; en el maíz se midió la producción de biomasa por planta y la cantidad de materia seca por hectárea de ambos. Limón persa presentó un incremento del 77 y 137% en altura y diámetro de tallo, respectivamente, a los 190 días de la plantación; a los 251 días, las palmas de coco presentaron mayor crecimiento que los arboles de limón.

⁸⁵ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *rebolledo.laureano@inifap.gob.mx

⁸⁶ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana Campus-Córdoba.





El maíz sembrado el 23 de febrero, obtuvo 11.3 t/ha de materia seca, superior a las otras fechas de siembra; en frijol, los valores de producción de materia seca correspondieron a 2.9 t/ha.

Palabras claves: cultivos asociados, agroecosistemas y productividad

Introducción

Los cultivos asociados son una alternativa para mejorar las condiciones edáficas de los suelos y obtener alimentos en áreas marginadas; el suelo posee características dinámicas que pueden ser mejorados con la incorporación de sustratos, especialmente si los suelos presentan signos de degradación como una densidad aparente >1.2 mg/m o un volumen de agua aprovechable para las plantas $<10\%$ (Sandoval *et al.*, 2013). Se han evaluado sistemas de manejo agrícola en Veracruz que reducen la pérdida de suelo por erosión hídrica, estos son: labranza de conservación, terrazas de muro vivo con tracción animal, terrazas de muro vivo con tracción mecánica y el uso de cultivos asociados como práctica de conservación de suelo. La diversificación de cultivos permite obtener alimentos en diferentes épocas del año. Actualmente, la pérdida de suelo de 1995 al 2002, oscila entre 0.85, 2.16, 9.62 y 146.24 t/ha por año, y se estima que los coeficientes de escurrimiento en suelos con poca materia orgánica y con problemas de erosión son de 13.9, 13.8, 14.7 y 27.7% (Francisco *et al.*, 2006).

Los principales factores de la erosión son la topografía, la textura del suelo, los patrones de precipitación, la cubierta vegetal, el uso de la tierra y la pendiente del terreno. Por otra parte, el uso de grandes volúmenes de fertilizantes, herbicidas y su elevado costo, exige buscar nuevas alternativas que se implementen como prácticas agrícolas sustentables como la asociación de cultivos de frutales con especies de leguminosas y gramíneas, esto permite que los cultivos sean más rentables, considerando que el establecimiento de especies que sirven como cobertura del suelo cumple con la función de protegerlo en forma temporal o permanente de la erosión, contaminación, presencia de arvenses, pérdida de nutrientes, exceso de humedad, presencia de plagas y enfermedades, además de representar una





fuentes de alimentación humana y animal (Orduz *et al.*, 2011). Existen estudios que demuestran que el aporte de materia orgánica de 5 o 10 t/ha aplicado a suelos de baja fertilidad, incrementa los rendimientos de los cultivos (Arias y Chacon, 2010). El manejo de materia orgánica producto de la cosecha, mejora las características del suelo, entre ellas la mineralización mediante los procesos de oxidación y reducción, favorecidos por la humedad, la temperatura, el pH, la profundidad del suelo y la aireación; estos procesos permiten que los nutrientes se transformen de la forma orgánica a la forma inorgánica para la disponibilidad de nutrientes que son asimilados por las plantas (Ferrera y Alarcón, 2001).

El uso de plantas nativas como cobertera viva para el control de malezas, son de bajo costo y de fácil propagación, dan un valor ecológico y estético a los ecosistemas y agroecosistemas (Alvarado *et al.*, 2013). Por lo que es necesario establecer esquemas de producción familiar, entre los cultivos más adecuados se consideran la siembra de maíz y frijol asociado; estas especies aprovechan parte de la energía luminosa para la producción de granos; además, el agua y los nutrientes se maximizan en los procesos de fotosíntesis, respiración y transpiración, al final del proceso metabólico se reflejan en la formación de materia seca, el cual tiene una estrecha relación con la formación y producción de granos (Rodríguez *et al.*, 2014). La asociación de cultivos básicos con frutales como coco y limón persa permite mejorar la rentabilidad y productividad de los cultivos y no depender del monocultivo, por lo que es necesario estudiar la composición de las especies, organización temporal y espacial, la diversificación y manejo agronómico de los frutales.

La determinación de prácticas agronómicas como la fecha de siembra, la densidad de población óptima, distribución espacial de las plantas en el terreno y el manejo del cultivo, permite el logro de una mayor eficiencia de los recursos disponibles. La incorporación al suelo de la biomasa producida por las especies anuales mejora el desarrollo de las raíces de los frutales, el cual les permite tener un mejor crecimiento, desarrollo y producción de fruta para el consumo diario (Arrieta *et al.*, 2014). El objetivo de esta investigación consiste en realizar un sistema de cultivo que permita aprovechar la materia seca, como abono orgánico para la plantación de frutales tropicales y a su vez asociar cultivos de maíz y frijol para el consumo y producción de biomasa.





Materiales y métodos

El experimento se estableció en la localidad de El Hatillo, municipio de la Antigua, Veracruz, ubicado en las coordenadas 19°16'58'' de latitud norte y 96°18'26'' longitud oeste, ubicado a una altitud de 41 m y una precipitación media anual de 1,000 mm y suelo con textura franco arenosa. En abril de 2017 en el terreno experimental se integró aproximadamente 18 t de materia seca como resultado de la cosecha de la caña de azúcar. Posteriormente, en octubre de 2017, en un área de 2500 m² con sistema de riego por goteo se plantaron palmas de coco en un arreglo espacial que consistió en cuatro hileras separadas 7 m de distancia y 4 m entre plantas. Para la plantación se construyeron cepas de 40 x 40 x 50 cm de profundidad; antes del trasplante se adicionaron 2.0 kg de materia seca al fondo de la cepa, seguido de una capa de suelo, luego se estableció la planta adicionando suelo hasta la superficie.

En enero de 2018, entre las palmas de coco se establecieron árboles de limón persa, para la plantación se realizaron cepas de 30 x 30 x 40 cm de profundidad adicionando un kilogramo de materia seca al fondo de la cepa. Entre las hileras de palma de coco y limón persa, en enero y febrero se sembró en diferentes fechas de siembra maíz y frijol ocupando una superficie de 210 m². El frijol variedad Michigan se estableció el 30 de enero de 2018 bajo un arreglo topológico de 40 cm entre hileras y 10 cm entre plantas.

Para el maíz se utilizó el híbrido H-520, en tres diferentes fechas de siembra: 26 de enero, 9 y 23 de febrero. La distancia entre hileras fue de 80 cm y 25 cm entre plantas, en esta área de 210 m² se establecieron siete hileras de 30 m con una densidad de 1,050 plantas. En palma de coco se midió: diámetro del tallo, número de hojas, altura de planta al cogollo, altura de planta total y tallo, estas tres últimas con una regla metálica graduada en milímetros. En limón persa se midió: altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas; para frijol se tomaron tres muestras al azar en dos hileras de dos metros lineales, y se caracterizó cada órgano de la planta partiendo desde el tallo, vainas y semillas determinando la cantidad y peso de cada órgano vegetal; además, se midió el rendimiento de grano y la producción de materia seca por hectárea. Para el caso de maíz híbrido H-520, en las tres fechas de siembra se midió el contenido de materia seca producido por planta con apoyo de una báscula de precisión. El manejo nutrimental de los frutales y los cultivos de ciclo corto se realizó de manera orgánica. Los datos se analizaron en bloques al azar con tres repeticiones con el software Minitab versión 17.





Resultados y discusión

El limón persa a los 190 días presentó un crecimiento significativo resultado de la aplicación de la materia seca suministrada a la base de las raíces y la materia seca proporcionada por la caña de azúcar (Figura 1), en esta figura se puede observar una heterogeneidad en los árboles que fueron manejados con las enmiendas de abonos orgánicos en el diámetro y la altura de los árboles de limón, donde éste se incrementó 77% y 137% en la altura y diámetro respectivamente. Al inicio de la plantación los árboles no presentaban brotación de ramas, pero a los 190 días se pudo observar la estimulación a cinco ramas promedio de brotación durante este periodo vegetativo (Figura 2), esta manifestación puede ser resultado de las enmiendas de materia seca orgánica aplicados al fondo de la cepa (2.0 kg a 40 cm de profundidad), ya que proporciona mejores condiciones físico-químicas del suelo a los arboles de limón, se ha demostrado que la profundidad efectiva de plantación a los 20 cm en cítricos proporciona un mejor desarrollo y crecimiento de los arboles, expresado en biomasa aérea, perímetro de tallo, altura de árbol y elongación de raíces (Ochoa *et al.*, 2012). Los sistemas de plantación que se manejan con abonos orgánicos permiten un mejor desarrollo de las raíces de los arboles, por la estimulación de los fotoasimilados que definen el crecimiento y desarrollo del dosel, además son los responsables de la captura de luz en los procesos metabólicos de la fotosíntesis (Arrieta *et al.*, 2014).

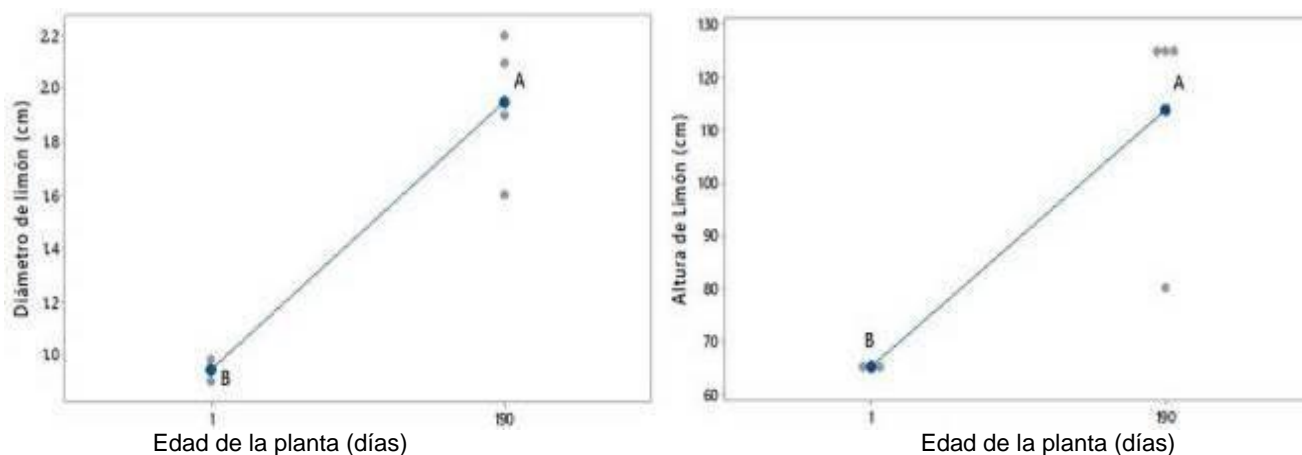


Figura 1. Desarrollo del diámetro de limón y altura de planta hasta los 190 días de edad. Valores presentes con una confiabilidad del 95% (Tukey).



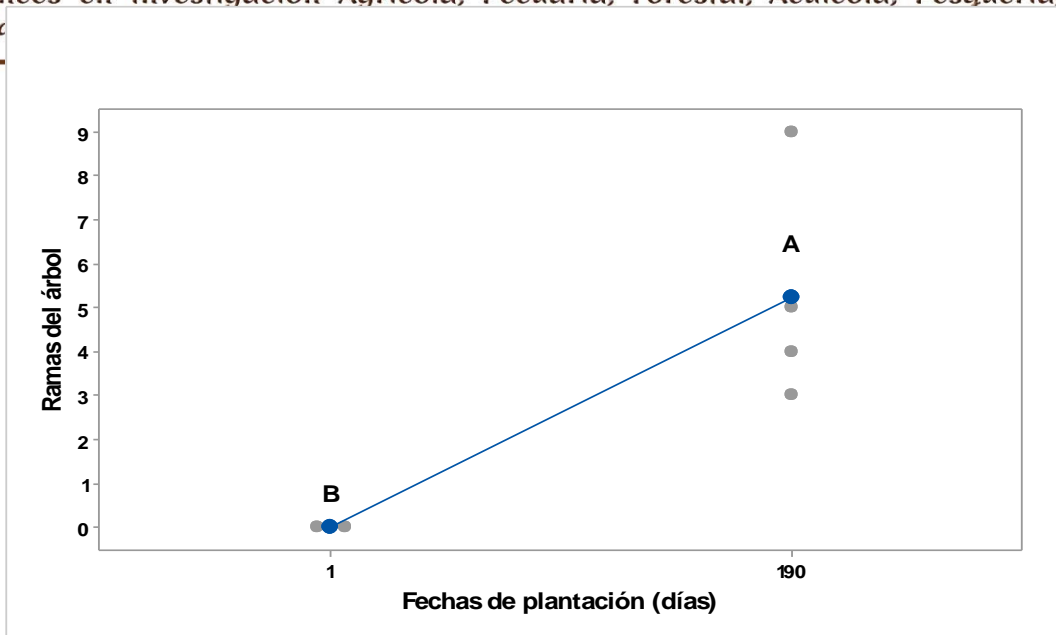


Figura 2. Número de ramas de limón persa a los 190 días de plantado. Valores con una confiabilidad del 95% (Tukey).

La altura de planta al cogollo y diámetro del tallo de la palma, presentaron un incremento de 170% y 151% a los 251 días de la plantación (Figura 3), similares a los presentados por el limón persa, aunque alcanzaron mayor altura de planta; con respecto en la brotación de hojas no existió diferencia significativa con el primer día de la plantación (Figura 4), esto puede explicarse en función de que los nutrimentos se concentraron hacia el diámetro del tallo y hacia el ápice de la palma, en donde hubo ganancia significativa en crecimiento; al respecto, estudios en Malasia se centran en el desarrollo de los órganos aéreos, como tallos, hojas y fruto, para el caso de materia seca en raíces producida por año oscila alrededor de 2 kg/palma entre una edad de 6.5 a 10.5 años y 5 kg/palma para edades entre 14.5 y 27.5 años (Reyes *et al.*, 1998). En años posteriores se podrá integrar los residuos o la fibra de coco al suelo, además existen resultados de investigación donde se demuestra que los componentes de la materia seca mejoran las características del suelo, entre ellos el contenido de materia orgánica, la actividad biológica, estabilidad de degradados, la capacidad de almacenaje de agua, la capacidad de aireación, la velocidad de infiltración y la fertilidad del suelo (Sandoval *et al.*, 2013).



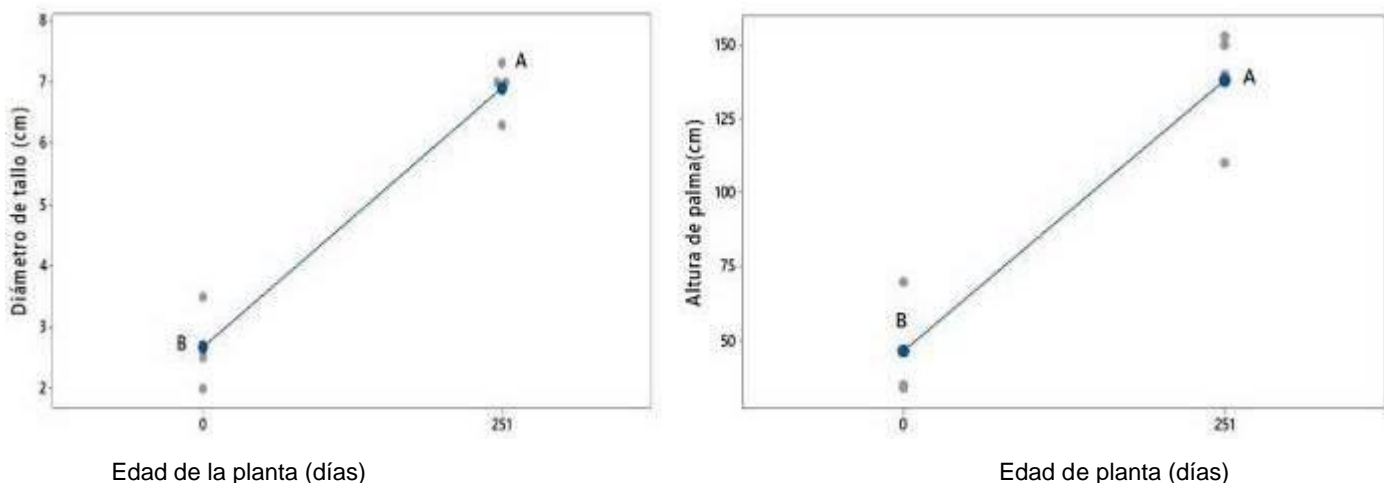


Figura 3. Diámetro y altura de palma de coco a los 251 días después de la plantación (confiabilidad al 95% de Tukey).

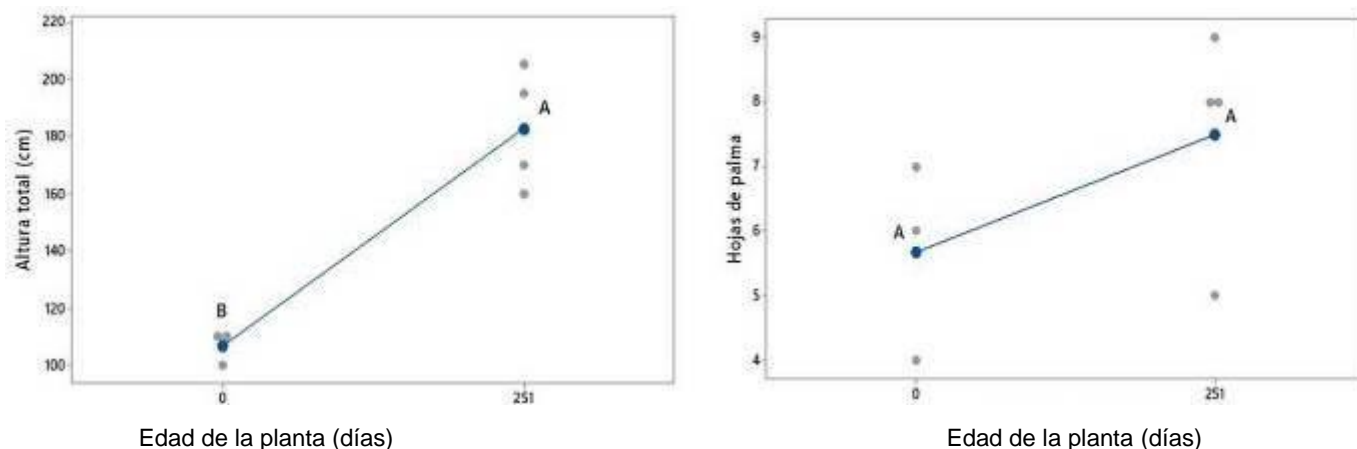


Figura 4. Altura total y número de hojas en palma de coco a los 251 días después de la plantación (confiabilidad al 95% de Tukey).

Con respecto a las características de la planta y semilla de frijol, en los tres muestreos se pudo observar una homogeneidad en los valores reportados (Cuadros 1 y 2), para el caso del peso de la planta con vainas de frijol existió diferencias significativa, el mismo caso para el peso de la planta de frijol sin vainas y el peso de la vaina de frijol (Cuadros 1 y 2), con respecto al número de granos por vaina de frijol los reportados en el Cuadro 1 de cinco a seis granos, son superiores a lo reportado para el frijol ayocote de tres a cuatro granos por vaina (Rojas *et al.*, 2017).



Cuadro 1. Características agronómicas del frijol Michigan asociados con coco y limón persa.

Muestras	Vainas/planta	Frijoles/vaina	Peso de plantas con vainas (g)	Peso de planta sin vainas (g)
1	19 A	5 A	33.34 A	12.86 A
2	18 A	5 A	27.58 B	14.12 A
3	12 A	6 A	17.64 C	3.82 B

Confiabilidad al 95% de Tukey, letras diferentes en la misma columna implican diferencia significativa entre muestras.

Cuadro 2. Características de frijol Michigan asociados con coco y limón persa.

Muestra	Vaina de frijol (g)	Vaina totales por planta (g)	Semilla de frijol/planta (g)	Cascarilla de frijol/planta (g)
1	1.21 C	20.4 A	11.8 A	3.9 A
2	1.31 A	20.1 A	9.7 A	3.9 A
3	1.25 B	14.2 A	9.2 A	3.2 A

Confiabilidad al 95% de Tukey, letras=diferencias significativas.

La cosecha de maíz fue en elote tierno y grano; en la fecha uno y tres las proporciones fueron 50% elotes y 50% grano, mientras que en la fecha dos se cosechó 80% elote y 20% grano. El elote se aprovechó en la dieta alimentaria familiar y el grano para alimento de gallinas que tiene el pequeño productor; de esta manera el sistema permite la producción de alimento en el corto plazo mientras los frutales desarrollan para la producción a mediano plazo. Con respecto a la producción de biomasa, la cual se utilizó como mejorador del suelo, permite la mitigación ambiental en diferentes fechas de siembra; en este caso obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, el maíz H-520 sembrado el 23 de febrero fue superior a los demás tratamientos en biomasa producida por planta y por hectárea (Cuadro 3).

Cuadro 3. Aporte de materia seca de maíz del híbrido H-520 en diferentes fechas de siembra.

Fecha de siembra maíz H-520	Materia seca (g/planta)	Biomasa (kg/ha)
26 enero	168.7 AB	8433 AB
9 de febrero	140 B	7000 B
23 de febrero	226.7 A	11333 A

Confiabilidad al 95% de Tukey, letras diferentes en una misma columna implican diferencias significativas entre fechas de siembra.





Al comparar la producción de materia seca entre las especies de maíz y frijol, se encontró un mayor volumen de producción con el maíz H-520; los resultados de materia seca de frijol Michigan (2,953 kg/ha) fueron superiores a lo publicado para frijol variedad negro Comapa (2,882.6 kg/ha), pero inferior a lo reportado para frijol ayocote asociado con maíz Chalqueño con una producción de materia seca de 8 590 kg/ha (Rodríguez *et al.*, 2014; Rojas *et al.*, 2017). De acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 4 la producción más alta de biomasa de maíz H-520 (11,333 kg/ha) se registró en la fecha de siembra del 23 de febrero, sin embargo, estos resultados son inferiores a lo reportado para maíz Chalqueño que produjo 16,620 a 14,170 kg/ha, en la ciudad de México, los cuales se presentan en los Cuadros 3 y 4; el comportamiento anterior puede ser resultado de la competencia entre plantas, y la densidad de población utilizada en frijol y maíz, ya que existen estudios que indican que el maíz ejerce una fuerte competencia sobre el frijol, logrando reducir en un 67% la producción de biomasa total y un 40% la materia seca en la vaina de frijol (Rojas *et al.*, 2017). Esto indica que los cultivos de maíz y frijol asociado y manejados orgánicamente ejercen una fuerte competencia por nutrimentos que afecta su crecimiento y desarrollo, y la interacción con el ambiente les proporcionó poca capacidad y eficiencia de convertir la radiación fotosintéticamente activa en energía aprovechable lo cual se reflejó en un bajo rendimiento de biomasa (Rodríguez *et al.*, 2014). Está demostrado que la asociación de cítricos con especies de leguminosas incrementa el contenido de nitrógeno al suelo, y el arrope del suelo con pastos a base de *Arachis* y *Glycine* es un método recomendable para el control de la erosión (Borroto *et al.*, 2001).

Cuadro 4. Aporte de materia seca de maíz H-520 y frijol Michigan con diferentes fechas de siembra.

Especie con fecha de siembra	Biomasa (kg/ha)
Fecha de siembra 26 enero	8,433 b
Fecha de siembra 9 febrero	7,000 b
Fecha de siembra 23 febrero	11,333 a
Frijol	2,953 c

Confiabilidad al 95% de Tukey, letras diferentes implican diferencias significativas entre fechas de siembra.





Conclusiones

1. Es factible establecer cultivos asociados de manera escalonada entre los árboles de coco y limón persa, el cual permite obtener alimentos en diferentes fechas para el autoconsumo y la producción de biomasa. 2. El maíz asociado con frijol permite obtener materia seca de manera continua misma que puede ser utilizada en las siguientes fechas de siembra de los cultivos. Con aportaciones de 2.0 y 1.0 kg de materia seca de caña de azúcar al fondo de la poceta y con manejo de riego por goteo, a los 251 días de la plantación, el desarrollo de las palmas de coco presententó un incremento de la altura y diámetro de 170% y 151% respectivamente; mientras que a los 190 días, las de limón persa presentaron incrementos de 77% y 137%, respectivamente.

Literatura citada

- Alvarado, V., T. Bermúdez, M. Romero y L. Piedra. 2013. Plantas nativas para el control de la erosión en taludes de ríos urbanos. *Spanish Journal of Soil Science* 4(1):99-111.
- Arias, K. y A. Chacón O. 2010. Efecto de la fertilidad química, orgánica y combinada sobre el rendimiento de la papa variedad granola. *Agronomía Tropical* 6(3):75-84.
- Arrieta, R. B. G., M. Villegas A., M. N. Rodríguez M. y G. Luna E. 2014. Desarrollo en vivero de portainjertos de cítricos con malformación de raíz. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(1):29-39.
- Borroto, P. M., R. Pérez C., A. Borroto P., M. Cepero R. y N. Cubillas. 2001. Impacto sobre el suelo de leguminosas herbáceas como mejoradores de las coberteras naturales en plantaciones decítricos. *Ensaio e Ciencia: Ciências Biológicas, Agrarias e da Saúde* 5(2):93-116.
- Ferera, C. R. y A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8(2):175-183.
- Francisco, N. N., A. Turrent F., J. L. Operaza M., M. R. Martínez M. y J. I. Cortés F. 2006. Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo de suelo. *Terra Latinoamericana* 24(2):253-260.





- Ochoa, A. G. F., E. Martínez B., R. Ramírez P. y G. Correa L. 2012. Crecimiento y desarrollo de la lima ácida (*Citrus latifolia* Tanaka), cv. Tahatí en suelos, con limitaciones por profundidad efectiva, en un bosque seco tropical. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 65(2). ISSN 2248-7026.
- Orduz, R. J. O., C. L. Calderón M., G. Bueno y J. E. Baquero P. 2011. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras como coberturas y su influencia en el control de malezas en el establecimiento de cítricos en el pie de monte del meta. Corpoica Ciencias Tecnológicas Agropecuarios 12(2):121-128.
- Reyes, C. R., S. Bastidas P. y E. Peña R. 1998. Crecimiento del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tumaco, Colombia. Palmas 19(3):31-35.
- Rodríguez, R. J. R., O. H. Tosquy V. y E. López S. 2014. Producción de materia seca de frijol en cinco fechas de siembra durante el ciclo otoño-invierno en el norte de Veracruz. Revista Científica Biológico-Agropecuaria Tuxpan 2(3):465-470.
- Rojas, V. N. J., J. A. S. Escalante E., F. V. Conde M., J. A. Mejía C. y R. Díaz R. 2017. Rendimiento del frijol ayocote y maíz del agroecosistema asociado en función del número de plantas por mata. Terra Latinoamericana 35(3):219-228.
- Sandoval, M., M. Zapata, J. Celis, C. Quezada, J. Capulín y A. Solís. 2013. Efecto de la aplicación de fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) en el almacenamiento y eficiencia del uso del agua en un Alfisol, sembrado con ballica (*Lolium multiflorum* L.) y en la toxicidad en lechuga (*Lactuca sativa* L.). Agro sur 41(3):1-11.





PERIODO ÓPTIMO DE COSECHA DE DOS GENOTIPOS PROMISORIOS DE SORGO DULCE PARA ELABORAR ETANOL

Sergio Uribe Gómez^{87*}, Ma. Guadalupe Aguilar Uscanga⁸⁸, Noé Montes García⁸⁹ y Kenia Alicia Gómez Maceda⁹⁰

Resumen

La demanda energética global asciende a 14,000 millones de Tep, de los cuales los combustibles fósiles aportan el 82% y originan 30,000 millones de toneladas de carbono, emitidos a la atmósfera anualmente, y constituyen la principal causa antropogénica del calentamiento global, por lo que la búsqueda de fuentes limpias de energía surge como tema prioritario para la soberanía energética. Los biocombustibles utilizan como materias primas cultivos alimenticios: maíz y caña de azúcar, recientemente otros cultivos bioenergéticos como el sorgo dulce adquieren potencial para la elaboración de etanol. El objetivo de este estudio fue determinar el periodo óptimo de cosecha de dos genotipos promisorios de sorgo dulce para planear el suministro de materia prima a las industrias productoras de etanol. Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que RB- Cañaveral tiene mayor potencial para elaborar etanol que RB-Pirulí, por su mayor producción de azúcares (49 vs 45 kg por tonelada de tallo) y por la mayor duración del periodo de aprovechamiento industrial con la máxima producción de azúcares (22 días vs 14 días). Sin embargo, los estándares de calidad del jugo de estos genotipos son menores a los del Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo Dulce de Brasil.

Palabras clave: concentración de azúcares en jugo, productividad de azúcares, período de aprovechamiento industrial

⁸⁷ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *uribe.sergio@inifap.gob.mx

⁸⁸ Instituto Tecnológico de Veracruz.

⁸⁹ Campo Experimental Río Bravo. INIFAP.

⁹⁰ Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.





Introducción

La energía es un insumo indispensable para el crecimiento sostenido de la economía. El aumento de la población a 7,300 millones y el estilo de vida moderno incrementaron el consumo actual de energía a 14,000 millones de Tep (petróleo equivalente), de los cuales se quema 81% y origina los 30,000 millones de toneladas de carbono emitidos a la atmósfera cada año, que constituyen la principal causa del calentamiento global (Prieto, 2015).

Existe una gran evidencia del calentamiento global: la atmósfera y los océanos son más cálidos, ha aumentado la fusión de los hielos, y el nivel del mar, lo que indica que la tierra se ha calentado. Con el uso masivo de combustibles fósiles la industrialización de los procesos, el transporte motorizado y la industrialización de la agricultura, han aumentado vertiginosamente las emisiones antropogénicas de gases, incrementando el efecto invernadero, haciendo que la tierra se caliente de forma peligrosa (Martín-Sousa, 2015).

Durante 2015, la energía producida en México provino principalmente de los combustibles fósiles, los cuales representan más del 88% de la matriz energética, mientras la energía limpia representó un 7% de la dieta energética de México. Con relación al uso de la biomasa sobresale la promulgación de la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos en febrero del 2008 que busca promover la producción de insumos para bioenergéticos, a partir de las actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano, sin poner en riesgo la soberanía alimentaria del país. En 2015 se implementó el uso de etanol anhidro en gasolinas a través de una prueba de concepto que considera una mezcla al 5.8% de etanol anhidro en gasolinas Magna en Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz. La prueba tiene una duración de 10 años donde se comercializaría un volumen máximo de 2, 221.5 millones de litros (SENER, 2016). Las materias primas más utilizadas en el mundo para la elaboración de etanol de primera generación son maíz y caña de azúcar. Por los hábitos alimenticios de la población, en México el cultivo más promisorio para la elaboración de bioetanol es la caña de azúcar (Masera *et al.*, 2006). El abasto de materia prima a las industrias pudiera complementarse con sorgo dulce, en temporadas fuera de la zafra de la caña. Una de las características del sorgo dulce es que su época de cosecha es complementaria a la de la caña de azúcar y ambos cultivos pueden sembrarse y cosecharse en secuencia para extender el periodo de molienda, en la mayor parte de las





regiones donde se produce caña de azúcar (Burks *et al.*, 2013; Rao *et al.*, 2013). El objetivo de este estudio fue determinar el periodo óptimo de cosecha de dos genotipos promisorios de sorgo dulce desarrollados por INIFAP.

Materiales y métodos

El ensayo se estableció de agosto a diciembre del 2017 en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, localizado en el municipio de Medellín, a 18°56' de latitud norte y 96°11' de longitud oeste, a 17 m de altitud. Los genotipos utilizados fueron RB-Cañaveral y RB-Pirulí, nuevos genotipos de INIFAP en proceso de registro, a una densidad de siembra de 10 kg/ha. Durante el ciclo del cultivo se realizaron dos aplicaciones de fertilizante. En la primera ocasión se aplicaron 87 kg de nitrógeno y 46 kg de P₂O₅ por hectárea, con la sembradora -fertilizadora, utilizando urea y fosfato diamónico como fuentes. En la segunda ocasión se aplicaron manualmente 51 kg de nitrógeno, usando urea como fuente, para ajustar la dosis de 138-46-00 de N y P₂O₅, por hectárea. Las plagas que se presentaron fueron gusano cogollero y pulgón amarillo, la primera se controló con una aplicación de Palgus (spinetoram) a una dosis de 75 mL/ha, y otra de 10 kg/ha, de Pouce 0.4 G (permetrina). La segunda plaga se controló con una aplicación de 350 mL/ha de Admire (imidacloprid). No fue necesaria la aplicación de fungicidas. Cuando inició la floración, cada semana se tomaron muestras de plantas en una superficie de 4 m², y se determinó el peso de tallo. Se cuantificó el volumen de jugo y el contenido de glucosa y fructosa en laboratorio, mediante un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC), marca Alliance Waters. Previamente se realizó un tratamiento de inversión de la sacarosa presente en el jugo de sorgo. Con esta información se estimó el volumen y la producción de azúcares por tonelada de tallo. Las muestras se tomaron por duplicado, y los promedios se graficaron con Excel.

Resultados y discusión

La concentración de azúcares en los jugos no fue uniforme durante el periodo de evaluación. La concentración fue baja en los primeros días después de la floración, se incrementó hasta





alcanzar un máximo, y posteriormente disminuyó cerca de la senescencia de la planta. También se observaron tendencias diferentes de esta característica de la calidad del jugo entre los dos genotipos. En RB-Cañaveral (Figura 1) se registraron valores cercanos a los 120 g/L, desde los 15 a 43 días después de floración, con un máximo de 155 g/L a los 36 días después de floración, y un valor de 101 g/L, a los 50 días; mientras que en RB-Pirulí (Figura 2) se presentaron valores menores a 100 g/L, en los primeros 15 días después de la floración, a partir de entonces la concentración aumentó hasta alcanzar un máximo de 152 g/L a los 29 días, y posteriormente disminuyó hasta 23 g/L cuando finalizó el estudio.

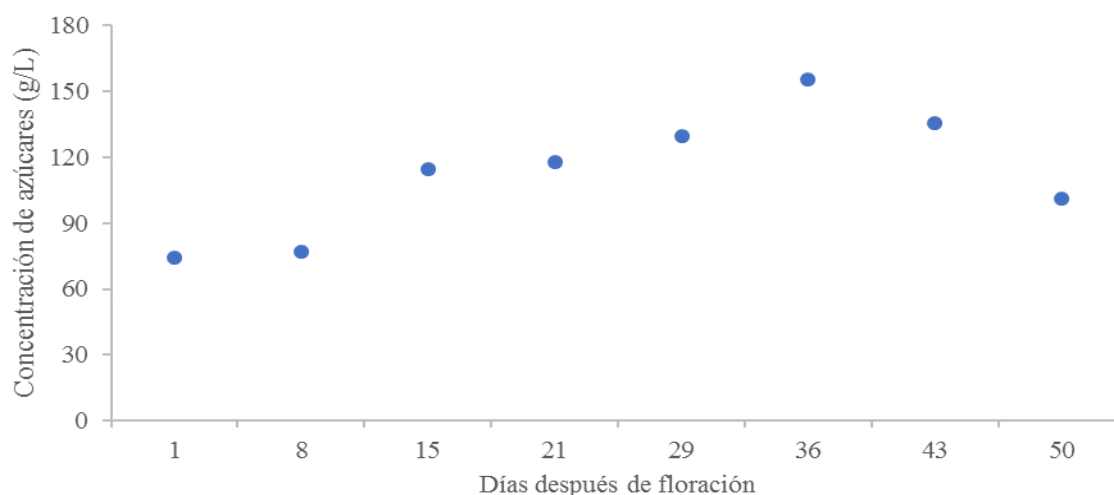


Figura 1. Concentración de azúcares (g/L) en RB-Cañaveral. Campo Experimental Cotaxtla 2017.

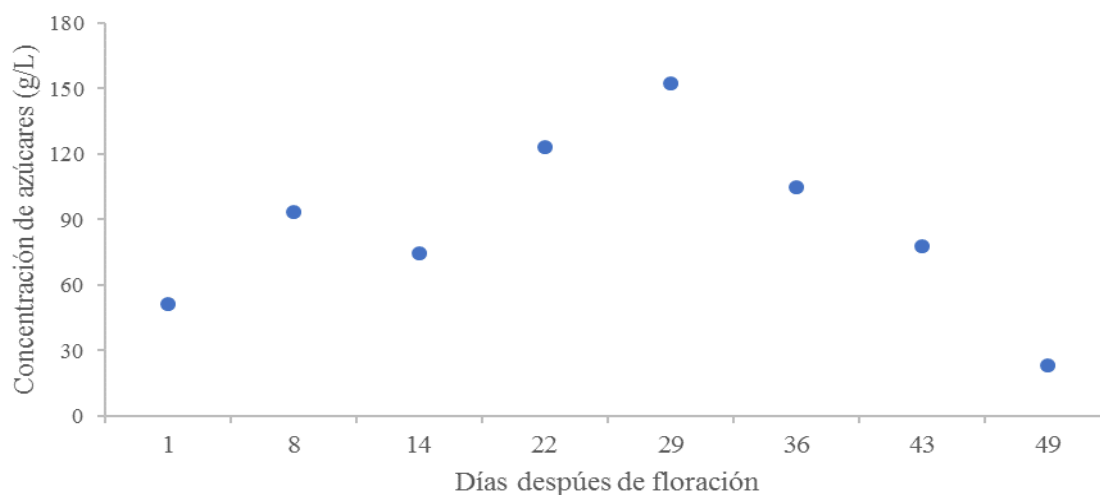


Figura 2. Concentración de azúcares (g/L) de RB-Pirulí. Campo Experimental Cotaxtla. 2017.





La cantidad de jugo obtenida por tonelada de tallo presentó una tendencia similar en los dos materiales a lo largo del desarrollo de la planta, Los valores más altos, 490 L para RB-Cañaveral (Figura 3) y 441 L para RB-Pirulí (Figura 4) se registraron en floración. Posteriormente disminuyeron y permanecieron entre 262 L y 388 L para el primer genotipo y 311 y 407 para el segundo. En promedio, RB-Pirulí obtuvo mayor cantidad de jugo (370 L), que RB-Cañaveral (358 L).

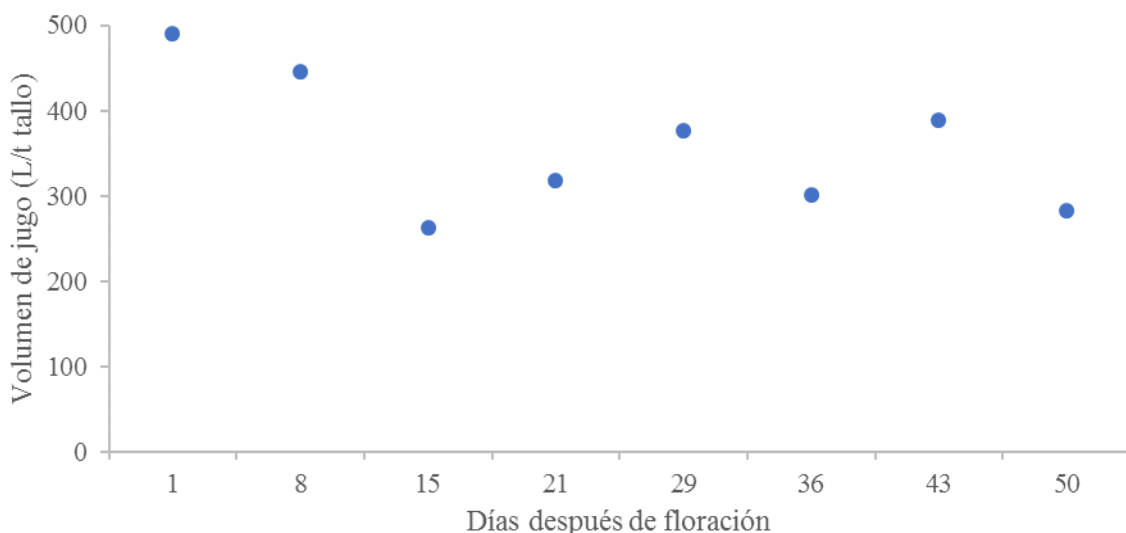


Figura 3. Volumen de jugo (L/t tallo) de RB-Cañaveral. Campo Experimental Cotaxtla. 2017.

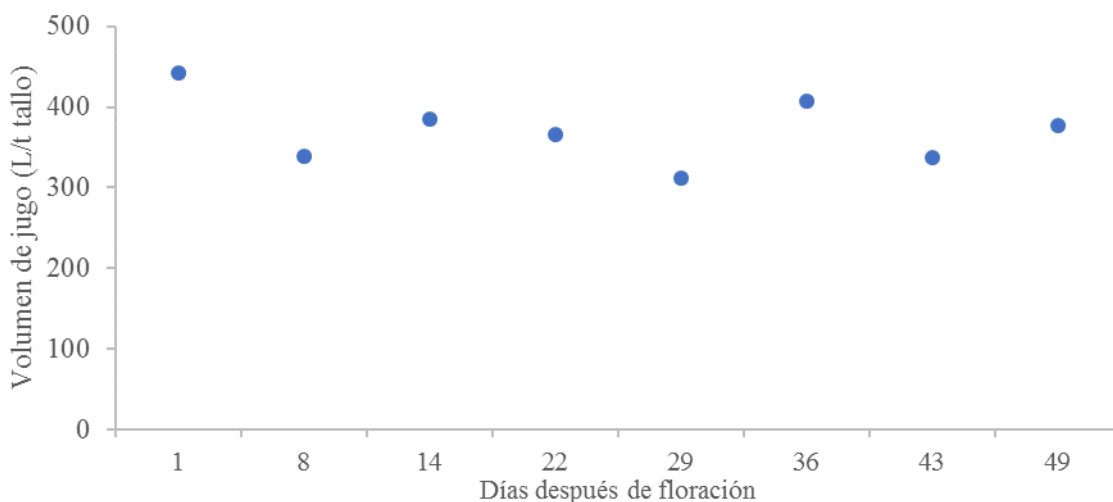


Figura 4. Volumen de jugo (L/t tallo) de RB-Pirulí. Campo Experimental Cotaxtla. 2017.

La producción de azúcares en sorgo dulce depende principalmente del volumen de jugo obtenido por tonelada de biomasa y de la concentración de azúcares. Cuando la





concentración es baja, condición que prevalece poco después de la floración, la producción de azúcar es menor, aun cuando se registren mayores volúmenes de jugo. Cuando la concentración es alta, la producción de azúcar se incrementa hasta alcanzar un máximo, y disminuye con la senescencia de la planta. RB-Cañaveral presentó tres puntos altos en el periodo de 29 a 43 días después de la floración (Figura 5), con valores de 47 a 52 kg de azúcar por tonelada de biomasa, y un promedio de 49 kg. Pirulí registró tres puntos de alta producción, con valores de 45, 48 y 42 kg con un promedio de 45 kg/t de biomasa de tallos, en el periodo de 22 a 36 días después de la floración (Figura 6).

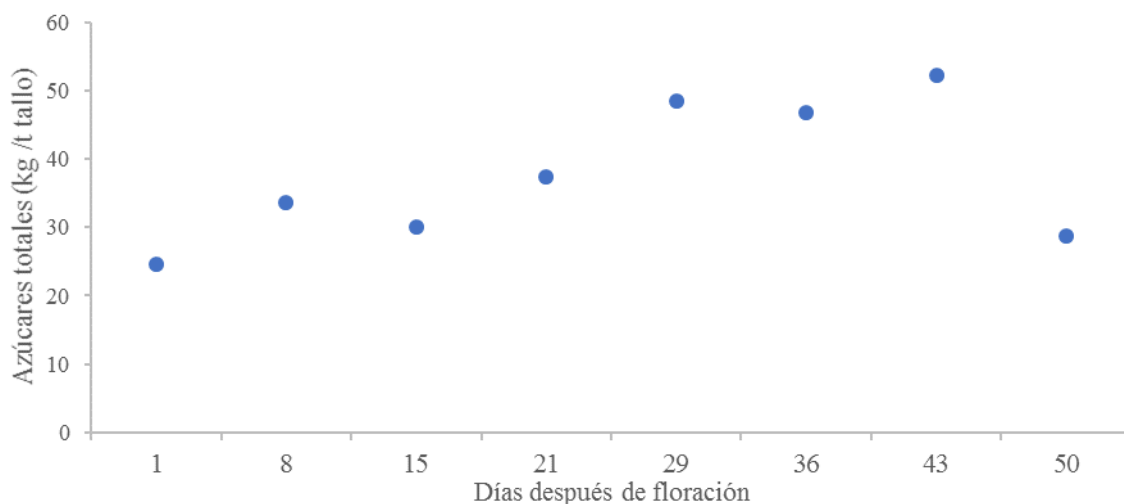


Figura 5. Producción de azúcares totales (kg/t tallo) de RB-Cañaveral. Campo Experimental Cotaxtla. 2017.

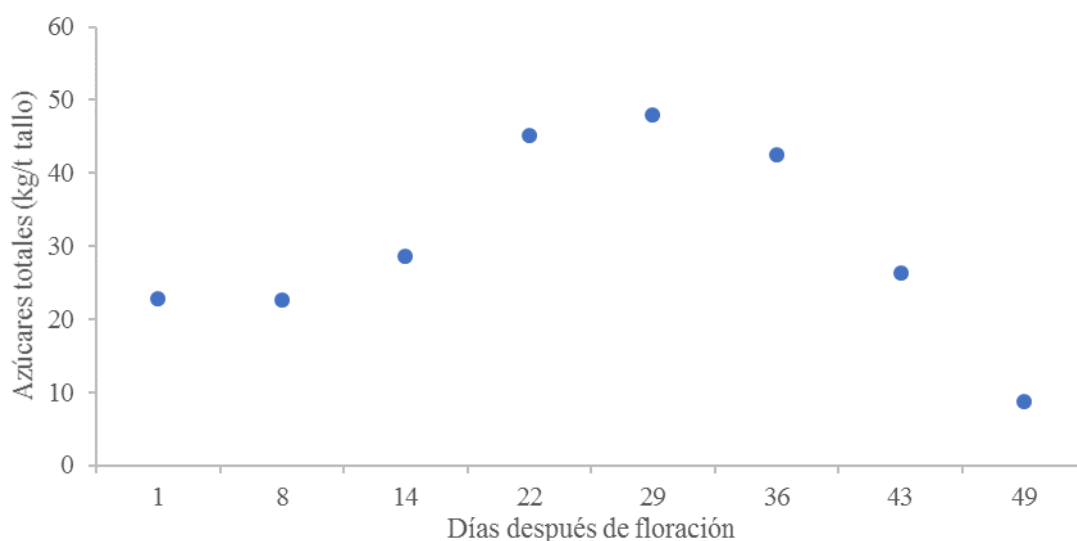


Figura 6. Producción de azúcares totales (kg/t tallo) de RB-Pirulí. Campo Experimental Cotaxtla. 2017.





En promedio, se obtuvo mayor producción de azúcares con RB-Cañaveral (38 kg/t) que con RB-Pirulí (31 kg/t).

El periodo óptimo de cosecha, para obtener la máxima producción de azúcares (37 a 52 kg/t) en RB-Cañaveral fue de 21 a 43 días después de la floración, y de 22 a 36 días en RB-Pirulí para obtener de 42 a 48 kg por tonelada de tallo.

Con base en lo anterior, se puede afirmar que RB-Cañaveral presentó mayor potencial para la elaboración de etanol, ya que registró mayor producción de azúcares, y un periodo más amplio de aprovechamiento industrial. Considerando los indicadores del Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo Dulce en Brasil, con extracción mínima de azúcar de 120 kg/t de biomasa, contenido mínimo de azúcar en jugo de 14% y periodo de utilización industrial de 30 días, con extracción mínima de azúcar de 100 kg/t de biomasa, los genotipos evaluados no cubren estos requerimientos de calidad para elaborar etanol (Schffert *et al.*, 2011).

Conclusiones

1. El periodo óptimo de cosecha, para obtener la máxima producción de azúcares en RB-Cañaveral fue de 21 a 43 días después de la floración y de 22 a 36 días en RB-Pirulí. 2. El primer genotipo (RB-Cañaveral) presentó mayor potencial para la producción de etanol con mayor concentración de azúcares en el jugo y un periodo mayor de aprovechamiento industrial. 3. Sin embargo, con estos genotipos de sorgo dulce no se alcanzaron los estándares de calidad del jugo, del Programa de Mejoramiento Genéticos de Sorgo Dulce de Brasil, por lo que no cubren los requerimientos de calidad para elaborar etanol.

Literatura citada

Burks, P. S., T. J. Felderhoff, H. P. Viator and W. L. Rooney. 2013. The influence of hybrid maturity and planting date on sweet sorghum productivity during a harvest season. *Agronomy Journal* 105(1):263-267.





- Martín-Sosa, S. 2015. La crisis climática. Módulo 2. *In*: Memorias del curso: Cambio climático, evidencias, causas y soluciones. Universidad de Salamanca, España. <https://miriadax.net/web/cambio-climatico-evidencias-causas-socioeconomicas-y-soluciones> [consultado el 16 de julio de 2018].
- Masera, O., N. Rodríguez-Martínez, I. Lazcano-Martínez, L. A. Horta-Nogueira, C. Macedo I., C. Trindade S. y F. Müller-Langer. 2006. Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México. Proyectos ME-T 1007- ATN/DO-9375-ME 4 PN 04.2148.7-001.00. Secretaría de Energía. México D.F. 600 p. https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Nogueira2/publication/272820587_Potenciales_y_viability_del_uso_de_bioetanol_y_biodiesel_para_el_transporte_en_Mexico/links/54efd3a50cf2432ba6573dbb/Potenciales-y-viabilidad-del-uso-de-bioetanol-y-biodiesel-para-el-transporte-en-Mexico.pdf [consultado el 17 de julio de 2018].
- Prieto, P. 2015. Transición energética. *In*: Memorias del curso: Cambio climático, evidencias, causas y soluciones. Universidad de Salamanca, España. <https://miriadax.net/web/cambio-climatico-evidencias-causas-socioeconomicas-y-soluciones> [consultado el 16 de julio de 2018].
- Rao, S. S., J. V. Patil, P. V. V. Prasad, D. C. S. Reddy, J. S. Mishra, A. V. Uma K. *et al.* 2013. Sweet sorghum planting effects on stalk yield and sugar quality in semi-arid tropical environment. *Agronomy Journal* 105(5):1458-1465.
- Schaffert, R. E., R. A. da Costa P., A. May y F. O. M. Duraes. 2011. Metas de rendimiento e qualidade de sorgo sacarino. *Agroenergia em Revista* 2(3):47.
- SENER (Secretaría de Energía). 2016. *Prospectivas de energías renovables 2016-2030*. México. 131 p. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva de Energ as Renovables 2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf) [consultado el 19 de julio de 2018].





DOSIS Y FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO EN TRES SISTEMAS DE LABRANZA EN TRIGO EN GUANAJUATO

Aquilino Ramírez Ramírez^{91*}, Ernesto Solís Moya⁹¹, Oscar Arath Grageda Cabrera⁹¹, Luis Antonio Mariscal Amaro⁹¹ y María del Pilar Suaste Franco⁹²

Resumen

Se considera que el nitrógeno (N), es el principal factor limitante en la producción agrícola, por lo cual, la fertilización nitrogenada (FN) en cereales, juega un papel relevante en la absorción de este elemento y en el rendimiento de grano; asimismo, es un factor significativo en el impacto económico de la producción de estos cultivos. Actualmente, se considera que la utilización de altas dosis de N en la fertilización de cereales, requiere de un manejo cuidadoso del fraccionamiento de este nutriente, a fin de minimizar sus pérdidas y mejorar su eficiencia de uso. El trabajo se realizó en terreno de un productor cooperante que ha realizado labranza de conservación (LC) en los dos ciclos de cultivo por más de 15 años, siendo el cultivo anterior maíz. En la localidad Corral de Santiago, Pénjamo con la variedad Cortazar S94, se hicieron tres experimentos independientes: un experimento en labranza tradicional (LT), uno en LC con 0% de residuos (LC 0%) y uno en LC con 100% de residuos (LC 100%). Los tratamientos para la aplicación al suelo de FN fueron nueve: 0-100, 25-75, 50-50, 0-200, 50-150, 100-100, 0-300, 75-225, 150-150, en dos etapas del cultivo (siembra y/o primer riego de auxilio). Las variables medidas fueron: rendimiento de grano (RG) en kg/ha, rendimiento de residuos o paja (RR) en kg/ha, peso de espigas (PE) en kg/ha, longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE) y número de espigas por m² (NE/m²). Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas. Para el experimento en LT no hubo diferencias significativas en las variables estudiadas, para LC 0% sólo hubo diferencias para número de granos por espiga y para LC 100% sólo hubo diferencias para número de espigas por m² y peso de rastrojo o residuos. En LT no hubo diferencias significativas en las variables estudiadas, para LC 0% sólo hubo diferencias para

⁹¹ Campo Experimental Bajío. INIFAP. *ramirez_aqui@hotmail.com

⁹² Instituto Tecnológico de Roque.





número de granos por espiga y para LC 100% solo hubo diferencias para número de espigas por m² y peso de rastrojo o residuos.

Palabras clave: labranza tradicional, labranza de conservación, eficiencia de uso

Introducción

Se considera que el nitrógeno (N), es el principal factor limitante en la producción agrícola (Kichey *et al.*, 2007). Por lo cual, la fertilización nitrogenada (FN) en cereales, juega un papel relevante en la absorción de este elemento y en el rendimiento de grano; asimismo, es un factor significativo en el impacto económico de la producción de estos cultivos (Shrawat *et al.*, 2008; Campillo *et al.*, 2010).

Actualmente, se considera que la utilización de altas dosis de N en la fertilización de cereales, requiere de un manejo cuidadoso del fraccionamiento de este nutriente, a fin de minimizar sus pérdidas y mejorar su eficiencia de uso (Campillo *et al.*, 2007), ya que, la respuesta de rendimiento del trigo al nitrógeno es de 6 a 7 kg de trigo por cada kg de nitrógeno aplicado, con máximos de 12 a 14 kg de trigo (Quintero y Boschetti, 2009). Esto significa que, si el trigo requiere de 30 a 35 kg de N para producir una tonelada de grano, considerando que la eficiencia de utilización del nitrógeno de la urea es en promedio de 18 al 25%, llegando en el mejor de los casos al 50%, se está evidenciando que las pérdidas de N, o las ineficiencias para su aprovechamiento en el cultivo de trigo son elevadas.

Estudios realizados en México (Ortiz, 2009), indican que la eficiencia en el uso de nitrógeno en el cultivo de trigo en el sur de Sonora es 31%, es decir, 69% restante no es absorbido por el cultivo; esto representa un importante gasto para el productor y, por otro lado, tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Grageda (1999), señala que los estudios con técnicas convencionales e isotópicas (¹⁵N) muestran que la eficiencia en el uso de los fertilizantes nitrogenados en los principales cultivos en El Bajío es 20% a 40%; por tanto, se fugan del sistema agrícola cerca de 90,000 t/año, lo que representa pérdidas anuales de 450 millones de pesos.





En el caso del trigo hace 30 años se aplicaban 150 kg N/ha, se obtenían 6 t de grano/ha y el contenido de materia orgánica del suelo era 2.6%. En la actualidad, se aplican en promedio 330 kg N/ha, se obtienen los mismos rendimientos y el contenido de materia orgánica ha disminuido hasta 0.6% en algunas áreas de la región (Grageda *et al.*, 2004).

Diversos estudios sostienen que, la aplicación fraccionada de N, mediante la aplicación de diversas dosis con base en las necesidades del cultivo, ha mejorado su aprovechamiento en términos de rendimiento y contenido de N en grano (Ron y Loewy, 2000; Johansson *et al.*, 2001; López- Bellido *et al.*, 2004; Fuertes-Mendizábal *et al.*, 2012); en este sentido, Arregui *et al.* (2008), también sostienen que es necesaria una mayor sincronización entre la demanda del cultivo y el suplemento de nutrientes del suelo, con el fin de mejorar la eficiencia de su utilización y lograr el máximo aprovechamiento en la absorción de N. Por otra parte, Ron y Loewy (1996), afirman que, en suelos con altas deficiencias de N, el fraccionamiento de la FN es un recurso adecuado para solucionar el problema. La importancia del momento de aplicación, además de la dosis de fertilizante empleado, puede también inducir un mejoramiento en la eficiencia de absorción, según investigaciones relacionadas con el cultivo de trigo (Campillo *et al.*, 2007) y cebada (Moreno *et al.*, 2003). Aparte, la labranza de conservación (LC) en sus diferentes modalidades es una alternativa viable a largo plazo para recuperar la fertilidad física, biológica y química del suelo. Es decir, una mejor condición de fertilidad del suelo (Barreto, 1989).

Por esta razón, la presente investigación se planteó como objetivos, determinar el efecto de la aplicación al suelo de FN de nueve tratamientos: 0-100, 25-75, 50-50, 0-200, 50-150, 100-100, 0-300, 75-225, 150-150, en dos etapas del cultivo en siembra y/o primer riego de auxilio, sobre la longitud de la espiga, granos por espiga, número de espigas por m², peso de espigas, peso de rastrojo o residuos y peso de grano; en tres sistemas de labranza.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en terreno de un productor cooperante que ha realizado labranza de conservación (LC) en los dos ciclos de cultivo por más de 15 años, siendo el cultivo anterior maíz. En la localidad Corral de Santiago, Pénjamo con la variedad Cortazar S94, se hicieron





tres experimentos independientes: un experimento en labranza tradicional (LT), uno en LC con 0% residuos (LC 0%) y uno en LC con 100% de residuos (LC 100%). Los tratamientos para la aplicación al suelo de FN fueron nueve: 0-100, 25-75, 50-50, 0-200, 50-150, 100-100, 0-300, 75-225, 150-150, en dos etapas del cultivo (siembra y primer riego de auxilio). Las variables medidas fueron: rendimiento de grano (RG) en kg/ha, rendimiento de residuos o paja (RR) en kg/ha, peso de espigas (PE) en kg/ha, longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE) y número de espigas por m² (NE m²). Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas.

Resultados y discusión

Para el experimento en LT no hubo diferencias significativas en las variables estudiadas. Para LC 0% tampoco hubo diferencias significativas. Por lo cual, la labranza de conservación (LC) en sus diferentes modalidades es una alternativa viable a largo plazo para recuperar la fertilidad física, biológica y química del suelo. Es decir, una mejor condición de fertilidad del suelo (Barreto, 1989).

Para LC 100% sólo hubo diferencias para número de espigas por m² y peso de rastrojo o residuos; en el Cuadro 1 se muestran las comparaciones de medias.

Cuadro 1. Medias de tratamiento para LE, NGE, NE m², PE (kg/ha), PR (kg/ha) y RG (kg/ha) en labranza de conservación 100% (LC 100%).

Variables	Tratamientos								
	0-100	25-75	50-50	0-200	50-150	100-100	0-300	75-225	150-150
LE	8.4	8.2	8.7	9.5	9.5	8.5	9.2	9.5	9.2
NGE	38	38	34	41	37	37	41	37	36
NE/m ²	427 b	527 ab	514 ab	623 ab	560 ab	547 ab	647 ab	596 ab	606 ab
PE (kg/ha)	9083	12433	11233	11883	12520	10843	12673	12627	11600
PR (kg/ha)	16467g	17333f	18800e	22100b	20000d	19707d	23667a	20900c	22500b
RG (kg/ha)	6550	8963	8100	8570	9027	7800	9137	9103	8363

Rendimiento de grano (RG) en kg/ha, rendimiento de residuos o paja (RR) en kg/ha, peso de espigas (PE) en kg/ha, longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE) y número de espigas por m² (NE/m²). Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).





Conclusiones

1. En LT no hubo diferencias significativas para las variables estudiadas. 2. Para LC 0% sólo hubo diferencias para número de granos por espiga. 3. Para LC 100% hubo diferencias para número de espigas por m y peso de rastrojo o residuos.

Literatura citada

- Arregui, L. M. and M. Quemada. 2008. Strategies to improve nitrogen use efficiency in winter cereal crops under rainfed conditions. *Agron. J.* 100(2):277-284.
- Barreto, H. J. 1989. Cambios en las propiedades químicas, patrones de fertilización y enclamiento en suelos bajo labranza de cero. p. 19-42. *In: Labranza de conservación en maíz.* CIMMYT-PROCIANDINO. México.
- Campillo, R. R., F. C. Jobet y D. P. Undurraga, 2007. Optimización de la fertilización nitrogenada para trigo de alto potencial de rendimiento en andisoles de la región de la araucanía, Chile. *Agric. Téc.* 67(3):281-291.
- Campillo, R., F. C. Jobet and D. P. Undurraga. 2010. Effects of nitrogen on productivity, grain quality and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-INIA in andisols of southern Chile. *Chilean J. Agric. Res.* 70:122-131.
- Fuertes-Mendizábal, T., C. González-Murua, M. B. González-Moro and J. M. Estavillo. 2012. Late nitrogen fertilization affects nitrogen remobilization in wheat. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175(1):115-124.
- Grageda, C. O., C. T. Medina, J. L. Aguilar A., M. Hernández M., E. Solís M., G. A. Aguado, S. *et al.* 2004. Pérdidas de nitrógeno por emisión de N_2 y N_2O en diferentes sistemas de manejo y con tres fuentes nitrogenadas. *Agrociencia* 38(6):625-633.
- Grageda-Cabrera, O. A. 1999. La fertilización nitrogenada en El Bajío guanajuatense como fuente potencial de contaminantes ambientales. Tesis de doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. IPN. México. 160 p.





- Johansson, E., M. L. Prieto-Linde and J. Ö. Jönsson. 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chem.* 78(1):19-25.
- Kichey, T., B. Hirel, E. Heumez, F. Dubois and J. Le Gouis. 2007. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilization to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Res.* 102:22-32.
- López-Bellido, R. J. and R. Redondo. 2004. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Res.* 94(1):86-97.
- Moreno, A., M. Moreno M., F. Ribas and M. J. Cabello. 2003. Influence of nitrogen fertilizer on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under irrigated conditions. *Spanish J. Agric. Res.* 1:91-100.
- Ortiz, M. I. 2009. Manejo de nitrógeno en trigo. <http://www.cimmyt.org/spanish/wps/mexico/nitrogenotrigo.htm>.
- Quintero, C. E. y G. N. Boschetti. 2009. Eficiencia de uso del nitrógeno en trigo y maíz en la región pampeana Argentina. <http://www.elsitioagricola.com/articulos/quintero/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp>.
- Ron, M. M. y Y. Loewy. 2000. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el sudoeste bonaerense, Argentina. *Ciencia del Suelo* 18(1):44-49.
- Ron, M. y T. Loewy. 1996. Análisis de la respuesta de cebada cervecera a nitrógeno y fósforo en tres suelos del sudoeste bonaerense (Argentina). *Ciencia del Suelo* 14:47-49.
- Shrawat, A. K., R. T. Carroll, M. DePauw, G. J. Taylor and A. G. Good. 2008. Genetic engineering of improved nitrogen use efficiency in rice by the tissue-specific expression of alanine aminotransferase. *Plant Biotech. J.* 6(7):722-732.





TRES TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE TRIGO DE RIEGO EN EL BAJÍO DE MÉXICO

Aquilino Ramírez Ramírez^{93*}, Ernesto Solís Moya⁹³, Oscar Arath Grageda Cabrera⁹³, Luis Antonio Mariscal Amaro⁹³ y Lourdes Ledesma Ramírez⁹⁴

Resumen

El fitomejoramiento del trigo para la región de El Bajío se ha enfocado a la obtención de variedades precoces, de alto rendimiento, tolerantes al acame, resistentes a las royas y de alta calidad industrial. Entre las variedades harineras liberadas, sembradas y sobresalientes actualmente están Cortazar S94, Bárcenas S2002, Urbina S2007 y Maya S2007; para las cristalinas se tienen a Gema C2004 y Anatoly C2011. Las anteriores se evaluaron en fechas de siembra para ver el rendimiento de grano. Por otra parte, al analizar la cantidad y distribución de la lluvia en las grandes regiones que han surtido de alimentos a la humanidad, se concluye que estas tienden a la desertificación, y esta condición obliga a los agricultores a cultivar y producir la tierra bajo condiciones de estrés hídrico en el suelo y/o en el ambiente para tener rendimientos económicos, para lo cual es necesario identificar aquellos materiales que muestren mayor eficiencia en el uso del agua. Se graficaron los rendimientos promedio en kg/ha de Candeal, Yaqui 50, Lerma Rojo, Siete Cerros, Salamanca S75, Saturno S86, Cortazar S84, Bárcenas S2002 y Urbina S2007. Se compararon fechas tempranas (16 de noviembre, 1 de diciembre y 16 de diciembre) con fechas tardías (31 de diciembre y 15 de enero); también tipos de trigo cristalinos y harineros. Para uso de riego limitado o restringido se compararon tipos de trigo: cristalino, débil, fuerte y medio fuerte, con dos y tres riegos. Se observan incrementos sostenibles en el rendimiento a partir de la variedad Siete Cerros, y destacan las variedades Bárcenas S2002 y Urbina S2007 por su productividad. El promedio de fechas de siembra tempranas (16 de noviembre al 16 de diciembre) supera el rendimiento de las fechas de siembra tardías (31 de diciembre al 15 de enero) hasta con 4192 kg/ha. Para trigos cristalinos las dos primeras fechas de siembra, los rendimientos fueron mayores

⁹³ Campo Experimental Bajío. INIFAP. *ramirez_aqui@hotmail.com

⁹⁴ Instituto Tecnológico de Roque





que el de los trigos harineros, y a partir de la fecha de siembra del 16 de diciembre, el de los harineros supero al de los cristalinos. En condiciones de riego limitado indican que los trigos harineros fueron superiores a los trigos cristalinos. Los trigos harineros fueron más eficientes para producir una mayor cantidad de granos de mayor peso.

Palabras clave: fecha de siembra, fitomejoramiento, eficiencia de uso de agua

Introducción

Variedades

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

Entre las variedades harineras liberadas, sembradas y sobresalientes actualmente esta Cortazar S94, más resistente a roya de la hoja y al acame, y de calidad similar a Salamanca S75, características que favorecieron su adopción. Actualmente se continúa sembrando en alrededor del 25% de la superficie de trigo en Guanajuato.

En 2002 fue liberada la variedad Bárcenas S2002, la cual superó en 12% el rendimiento de Salamanca S75 (Solís *et al.*, 2003). Cinco años más tarde se liberaron las variedades Urbina S2007 y Maya S2007 con mayor rendimiento que Bárcenas S2002. Todas las anteriores pueden ser desplazadas por Alondra F2014, Cisne F2016, Faisán S2016, Ibis M2016 y Elia M2016 con mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y al acame. De las variedades cristalinas se tiene a Gema C2004 y Anatoly C20011.





Fechas de siembra

El rendimiento potencial, definido como el rendimiento que se obtiene bajo condiciones óptimas de manejo del cultivo, sin limitaciones hídricas, ni nutrimentales y en ausencia de plagas, enfermedades y maleza, depende de factores ambientales (radiación, temperatura, fotoperiodo y concentración de CO₂), genéticos y de sus interacciones (Loomis y Amthor, 1999).

Usualmente la principal variable para definir la fecha de siembra óptima es el rendimiento de grano (Ciha, 1983). Sin embargo, deben ser considerados otros factores, entre ellos evitar bajas temperaturas en la etapa de floración y altas temperaturas en el periodo de llenado de grano (Bond y Umberger, 1979).

Con el incremento de la temperatura durante las fases de desarrollo del cultivo que determinan el rendimiento se acelera la senescencia de las hojas, lo que provoca menores tasas de crecimiento de las semillas y reducción de la disponibilidad de asimilados; como consecuencia de ello disminuye también el peso de la semilla (Bindraban, 1997). Se ha señalado que la etapa de llenado de grano más afectada por estrés de calor es de 12 a 15 días después de antesis (Tashiro y Wardlaw, 1990), así, un incremento en la temperatura generalmente resulta en una disminución del peso del grano.

Uso de riego limitado o restringido

A nivel mundial el desarrollo de la agricultura en áreas marginales a futuro es la posibilidad más viable en el mundo para incrementar la producción de alimentos y salvar del hambre a la creciente humanidad, ya que se estima que, de los 14 mil millones de hectáreas cultivables en el planeta, solo el 10% no presenta condiciones de sequía. Por otra parte, al analizar la cantidad y distribución de la lluvia en las grandes regiones que por mucho tiempo han surtido de alimentos a la humanidad, se concluye que estas tienden a la desertificación, y esta condición obliga a los agricultores a cultivar la tierra bajo condiciones de estrés hídrico en el suelo y/o en el ambiente (Byerlee y Moya, 2002). Por lo cual, es necesario el mejoramiento de las plantas para producir mayor rendimiento económico bajo condiciones deficientes de humedad para lo cual es necesario aplicar métodos de selección que permitan identificar aquellos materiales que muestren mayor eficiencia en el uso del agua.





Richards *et al.* (2002) señalan que es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua por los cultivos a través de la selección de genotipos con un crecimiento radicular más profundo (previando que el agua esté disponible a mayor profundidad). Aunque esta característica es muy difícil de seleccionar, hay caracteres indicadores de más fácil medición, como la temperatura del dosel, la conductancia estomatal, la permanencia del verdor de las hojas y el carácter de hojas enrolladas.

Materiales y métodos

Para variedades se graficaron los rendimientos por hectárea promedio en kg/ha de Candeal, Yaqui 50, Lerma Rojo, Siete Cerros, Salamanca S75, Saturno S86, Cortazar S84, Bárcenas S2002 y Urbina S2007. En fechas de siembra se compararon fechas tempranas (16 de noviembre, 1 de diciembre y 16 de diciembre) con fechas tardías (31 de diciembre y 15 de enero). También se compararon tipos de trigo cristalinos y harineros en fechas de siembra, la variable medida fue rendimiento de grano. Por otra parte, para uso de riego limitado o restringido se compararon tipos de trigo: cristalino, débil, fuerte y medio fuerte; con dos y tres riegos. Las variables medidas fueron rendimiento de grano (RG), peso de grano (PG), número de granos por metro cuadrado (NGM²), índice de cosecha (IC), biomasa (BIO) y días a floración (FLOR). Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey a las variables significativas.

Resultados y discusión

Variedades

En la Figura 1 se muestran los incrementos en productividad registrados en las distintas variedades harineras liberadas por INIFAP-CEBAJ para la región del Bajío, los cuales se han logrado como resultado de las metodologías aplicadas de la genotecnia. Se observan incrementos sostenibles en el rendimiento a partir de la variedad Siete Cerros, y destacan las variedades Bárcenas S2002 y Urbina S2007 por su productividad.



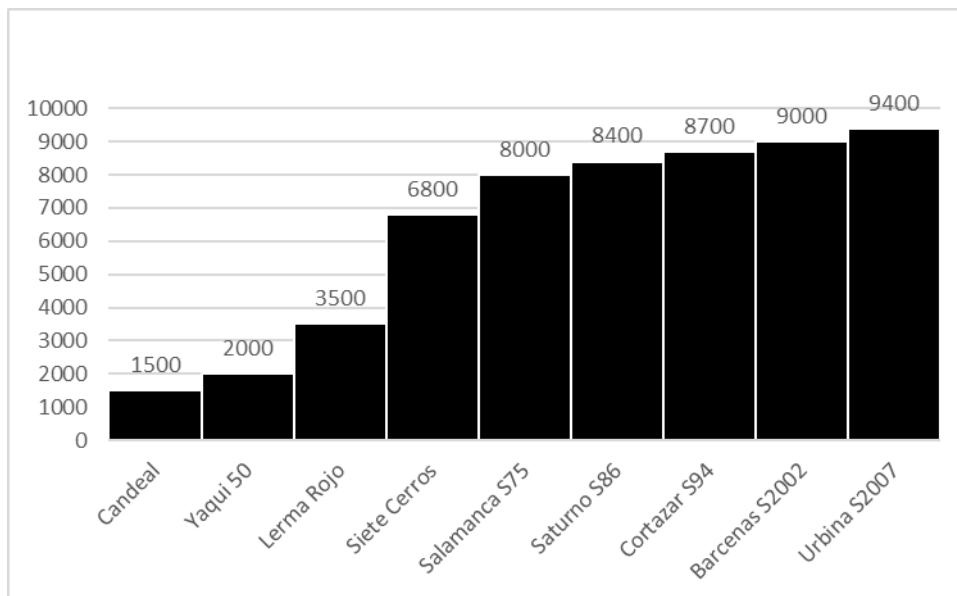


Figura 1. Incremento en el rendimiento en las variedades liberadas por el INIFAP para El Bajío.

Fechas de siembra

Investigaciones mostraron que el promedio de fechas de siembra tempranas (16 de noviembre al 16 de diciembre) supera el rendimiento de las fechas de siembra tardías (31 de diciembre al 15 de enero) hasta con 4,192 kg/ha. La fecha de siembra del 31 de diciembre supera el rendimiento de la del 15 de enero con una diferencia máxima de 1,600 kg/ha. La fecha de siembra del 16 de noviembre fue igual o mayor al promedio de las fechas de siembra del 1 al 16 de diciembre, por ello el periodo óptimo de siembra en el Bajío se considera del 16 de noviembre al 16 de diciembre. En la fecha de siembra del 16 de noviembre destacan los genotipos tardíos, mientras que en las fechas del 1 al 16 de diciembre destacan los intermedios y precoces. Aunque dependen de las condiciones que se presenten cada año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias entre fechas de siembra con el carácter rendimiento (kg/ha).

Fechas de siembra	Año		
	2001	2002	2003
FS1+FS2+FS3	8786 a	8095 a	6046 a
FS4+FS5	4594 b	6913 b	5416 b
FS4	5394 a	7457 a	5581 a





Continúa Cuadro 1...

Fechas de siembra	Año		
	2001	2002	2003
FS5	3794 b	6368 b	5251 b
FS1	9359 a	8143 a	6100 a
FS2+FS3	8500 b	8071 a	6019 a
FS2	9291 a	7972 b	6801 a
FS3	7709 b	8170 a	5237 b

FS1 = 16 nov.; FS2 = 1 dic.; FS3 = 16 dic.; FS4 = 31 dic.; FS5 = 15 ene.

Para trigos cristalinos las dos primeras fechas de siembra, los rendimientos fueron mayores que el de los trigos harineros, y a partir de la fecha de siembra del 16 de diciembre, el de los harineros superó al de los cristalinos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento ((kg/ha) de tipos de trigo por fecha de siembra.

Tipos de trigo	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5
Cristalinos	7988	8220	6998	6159	5022
Harineros	7827	7955	7053	6172	6177

FS1 = 16 nov.; FS2 = 1 dic.; FS3 = 16 dic.; FS4 = 31 dic.; FS5 = 15 ene.

Uso de riego limitado o restringido

Los resultados de la evaluación de genotipos realizada por INIFAP-CEBAJ en condiciones de riego limitado (dos y tres riegos) indican que los trigos harineros fueron superiores a los trigos cristalinos (Cuadro 3). Con dos riegos no se observaron diferencias entre trigos harineros, pero sí con tres riegos, donde los trigos de gluten fuerte fueron inferiores a los trigos de gluten débil.

En biomasa no hubo diferencias entre tipos de trigo en ninguna de las condiciones de humedad, pero sí en índice de cosecha. Esto indica que los trigos harineros fueron más eficientes para producir una mayor cantidad de granos de mayor peso en condiciones limitadas de humedad. Los trigos de gluten débil y medio fuerte expresaron los rendimientos más altos, mientras que los de gluten débil produjeron menor cantidad de granos que los de gluten medio fuerte, pero en cuanto a peso individual del grano fueron muy superiores. Los trigos cristalinos fueron alrededor de 10 días más tardíos que los trigos de gluten medio y





fuerte bajo condiciones limitadas de humedad. Estos datos sugieren que, en esta condición, para mejorar el rendimiento de este tipo de trigos es necesario acortar su ciclo biológico.

Cuadro 3. Rendimiento de grano y sus componentes, y caracteres fisiológicos de tipos de trigo evaluados bajo riego restringido en el INIFAP-Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto.

TT	RG	PG	NGM ²	IC	BIO	FLOR
Dos riegos						
Cristalino	4434 b	36.8 ab	12310 c	0.3669 c	12.2 a	68.8 a
Débil	4813 a	36.0 a	12896 b	0.3985 a	12.3 a	79.3 c
Fuerte	4700 a	36.3 b	13153 b	0.3861 b	12.3 a	81.4 b
Medio fuerte	4735 a	34.8 c	13923 a	0.3849 b	12.6 a	80.7 b
DSH	155	1.2	511	0.0121	0.5	1.2
Tres riegos						
Cristalino	5577 c	40.8 b	14069 c	0.3493 c	16.2	90.8 a
Débil	6290 a	42.5 a	14954 b	0.3826 a	16.2 a	80.9 c
Fuerte	5912 b	39.8 bc	15169 b	0.3758 b	16.0 a	83.0 b
Medio fuerte	6097 ab	39.2 c	15867 a	0.3820 ab	16.2 a	82.3 b
DSH	100	1.4	598	0.0141	0.68 a	1.2

TT = tipos de trigo; RG = rendimiento de grano; PG = peso de grano; NGM² = número de granos por metro cuadrado; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa; FLOR = días a floración; DSH = diferencia significativa honesta de Tukey; medias con letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

Conclusiones

1. Entre las variedades harineras más sobresalientes están Cortazar S94, Maya S2007 y Urbina S2007. Para las cristalinas están Gema C2004 y Anatoly C2007. 2. En fechas de siembra tempranas del 16 de noviembre destacan los genotipos tardíos como los cristalinos; mientras que para siembras del 1 al 16 de diciembre son los genotipos intermedios y precoces. 3. Bajo condiciones de riego limitado (dos y tres riegos) los trigos harineros fueron superiores a los trigos cristalinos. 4. Los trigos harineros fueron más eficientes para producir una mayor cantidad de granos de mayor peso en condiciones limitadas de humedad. 5. Los trigos cristalinos fueron alrededor de 10 días más tardíos que los trigos de gluten medio y fuerte bajo condiciones limitadas de humedad.





Literatura citada

- Bindraban, P. S. 1997. Bridging the gap between plant physiology and breeding. Identifying traits to increase wheat yield potential using systems approaches. Tesis de doctorado. Landbouwniversiteit Wageningen. The Netherlands. 145 p.
- Bond, J. J. and D. E. Umberger. 1970. Technical and economic causes of productivity changes in U. S. wheat production, 1949-76. USDA Tech. Bull. 1598.
- Byerlee, D. and P. Moya. 2002. Impacts of international wheat breeding research in the developing world, 1966-1990. CIMMYT. Mexico, D. F. 87 p.
- Ciha, A. J. 1983. Seeding rate and seeding date effects on spring, seeded small grain cultivars. Agron. J. 75:795-799.
- Loomis, R. S. and J. S. Amthor. 1999. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiency. Crop Sci. 39:1584-1596.
- Richards, R. A., G. J. Rebetzke, A. G. Condon and A. F. van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Sci. 42:111-121.
- Solís, M. E., A. Salazar Z., J. Huerta E., H. E. Villaseñor M., E. Espitia R. y A. Ramírez R. 2003. Bárcenas S2002; nueva variedad de trigo harinero para El Bajío. Folleto Técnico No. 7. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto., México. 38 p.
- Tashiro, T. and I. F. Wardlaw. 1990. The effects of high temperature at different stages of ripening on grain weight and grain dimensions in the semi-dwarf wheat "Banks". Ann. Bot. 65:51-61.





DETERMINACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y ANÁLISIS SENSORIAL EN PULPA DE TAMARINDO *Tamarindus indica* L.

Esteban Gutiérrez Peña^{95*}, Leticia Rendón Sandoval⁹⁵, Víctor Hugo Montané Jiménez⁹⁵ y Adán Cabal Prieto⁹⁵

Resumen

En este trabajo se diseñó un método para el aprovechamiento de la fibra de tamarindo mediante la elaboración de pulpa sensorialmente aceptable y con un valor agregado al producto de desecho. El trabajo experimental tiene un alcance importante desde el punto de vista industrial y económico, considerando que se apoya al aprovechamiento integral del fruto de tamarindo. Por lo anterior se hizo una evaluación para conocer la aceptación sensorial de la pulpa y evaluar la estabilidad de tres formulaciones diferentes de tamarindo con arándanos, chile guajillo y pasas mediante, el análisis de características fisicoquímicas y microbiológicas con la finalidad de explicar con antecedentes y fundamentos químicos el comportamiento de las muestras de los productos obtenidos. En el sector agropecuario, con frecuencia la información generada en los procesos de innovación en las empresas no ha sido sistematizadas, clasificada o valorizada, por lo que se considera importante realizar este trabajo de elaboración de pulpa de tamarindo, como una responsabilidad de sistematizar información que aporte elementos de análisis sobre los factores que hacen un caso exitoso basado en la innovación dentro de la industria de los alimentos.

Palabras clave: evaluación, calidad, innovación, industria, estabilidad

Introducción

En México, el tamarindo se cultiva principalmente en los estados de la región del Pacífico, donde se cuenta con cerca de 3,000 hectáreas de tamarindo que producen más de 4,600

⁹⁵ División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.
*es1.gutierrezpe@gmail.com





toneladas de fruta por año. En los últimos años, se ha incrementado el interés hacia este frutal y actualmente representa una alternativa económicamente rentable para los productores mexicanos (Orozco, 2001). Industrialmente la pulpa extraída del tamarindo se utiliza para la preparación de concentrados, licores, néctares y jugos. La fibra y la cáscara son subproductos en estas industrias y representan aproximadamente el 22.4% del peso de la fruta. Estos subproductos se desaprovechan debido a que no se cuenta con ninguna tecnología para su aprovechamiento. Actualmente no existe en los mercados combinaciones de pulpa de tamarindo con arándanos, pasas y chile guajillo.

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's) se deben en su mayoría a la ingestión de alimentos y/o agua contaminada en cantidades suficientes para afectar la salud del consumidor. La contaminación bacteriana suele ser la más frecuente, seguida por parásitos, virus y hongos; estos microorganismos pueden estar presentes en una gran variedad de alimentos, clasificados como de alto y bajo riesgo según su contenido de proteínas y carbohidratos. El control y los análisis fisicoquímicos como los microbiológicos realizados de pulpa de tamarindo tienen la finalidad de eliminar riesgos de contaminación o crecimiento microbiano para la obtención de un producto final inocuo, libre de microorganismos que puedan dañar la salud del consumidor. El objetivo de este trabajo fue elaborar y evaluar productos de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) mediante las combinaciones de arándanos, pasas y chile guajillo, con la finalidad de asegurar la calidad, mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, determinando mediante una prueba sensorial hedónica discriminativa los atributos organolépticos en los productos.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en una empresa agroindustrial de la zona centro del estado de Veracruz, en un periodo de ocho meses. En una primera etapa se evaluaron algunos tipos de frutos con potencial para ser combinados con pulpa de tamarindo a fin de aprovechar al máximo la recolección de traspatio, disminuir las pérdidas de fruta en la región central del estado de Veracruz, obtener un producto fuera de lo común dentro del mercado de la confitería y a su vez ofrecer al consumidor un producto altamente nutritivo y que





coadyuve a disminuir algunas enfermedades como cáncer y colitis, por presentar un alto contenido de ya antioxidantes. En una segunda etapa se utilizó la pulpa de tamarindo adicionada con arándanos, pasas o chile guajillo. Las pasas y los tamarindos fueron comprados en la central de abastos de Córdoba, Veracruz; los frutos de tamarindo fueron cosechados en plantaciones del estado de Guerrero. El arándano se compró en la central de abastos de la ciudad de Puebla, Puebla y el almidón modificado a la empresa Innovación Proactiva Comercial S. A. de C. V. En la tercera etapa del proyecto se realizaron combinaciones de pulpa de tamarindo con arándanos, pulpa de tamarindo con pasas y pulpa de tamarindo con chile guajillo, en las tres muestras que se elaboraron se les realizó análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales.

Resultados y discusión

La presente investigación informa por vez primera los resultados de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las mezclas de pulpa de tamarindo con pasas, arándanos y chile pasilla. Es importante citar que no se encontró ningún tipo de información que cite las características antes citadas en productos obtenidos de la combinación de pulpa de tamarindo con algún otro fruto.

Pulpas combinadas

El mayor rendimiento derivado de la densidad de los productos fue la pulpa de tamarindo con arándanos, mientras que la pulpa de tamarindo con pasas y con chile pasilla disminuyeron su densidad un 11% y 33%, respectivamente, con relación al primer producto. Estos resultados benefician parcialmente a la productividad. La mezcla de pulpa de tamarindo con arándanos generó más ganancia en rendimiento y en mayor degustación por los catadores, mientras que la pulpa de tamarindo con pasas representó un valor económico menor en materia prima y en rendimiento en comparación al primer producto. Con respecto a la prueba de tamarindo con chile guajillo el costo fue menor, así como rendimiento durante la productividad; tampoco fue favorecido por los catadores durante la degustación.





Análisis microbiológicos

Según se muestra en el Cuadro 1, para *E. coli* se cumplieron los criterios especificados en la NOM-000-SSA1-1995, ya que los resultados de las cinco unidades de muestras analizadas fueron satisfactorios al ser comparados con los valores establecidos (NEGATIVO); lo anterior es el resultado de una adecuada manipulación en el área de producción, mediante la aplicación de las buenas prácticas de manufactura.

Cuadro 1. Resultado de análisis microbiológicos en los productos elaborados.

Lote	Producto	<i>E. coli</i>	Coliformes	Aerobios	Mohos	Levaduras
001	Tamarindo c/ chile guajillo	Negativo	Negativo	0<10ufc	0<10ufc	0<10ufc
003	Tamarindo c/ arándano	Negativo	Negativo	0<10ufc	0<10ufc	0<10ufc
006	Tamarindo c/ pasitas	Negativo	Negativo	0<10ufc	0<10ufc	0<10ufc

Fuente: NOM- 093-SSA1-1994.

Los resultados obtenidos para coliformes también cumplieron con el criterio establecido en la NOM-113-SSA1-1994 al resultar negativo derivado del control adecuado de las temperaturas en los procesos de cocción y pasteurización. En cuanto a la presencia de aerobios también se cumplió con el criterio que indica la multicitada norma oficial mexicana, pues no fueron detectados estos microorganismos. La ausencia de este, refleja la calidad sanitaria del producto analizado, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima y la forma como fueron manipulados durante su elaboración. Por otra parte, los recuentos mohos y levaduras cumplieron marginalmente el criterio pautado en las NOM-111-SSA1-1994 para mohos y la NOM-111-SSA1-1994 para levaduras; para el caso de las levaduras, la pulpa de tamarindo con arándanos presentó un valor de 0.873 el cual se encuentra dentro del rango de A_w mínima de crecimiento de 0.88 a 0.94, este valor beneficia a la pulpa analizada ya que el crecimiento de levaduras es nulo.

Los resultados analíticos conllevan a una aceptación el lote del producto evaluado, por lo tanto, estos recuentos reflejan éxito en el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura, que no sólo inciden en la calidad del producto sino también en un buen manejo sanitario.





Análisis fisicoquímico

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico de la pulpa de tamarindo adicionado con: tamarindo y chile guajillo, arándanos o pasas.

Cuadro 2. Análisis fisicoquímicos para la pulpa.

Determinación	Resultados	Referencia – Discusión
pH	2.5	NMX-F-317-NORMEX-2013 El resultado idóneo para la pulpa de tamarindo con chile guajillo. es apropiado ya que las condiciones de acidez son adecuadas para el consumo e inhibición bacteriana.
°Brix	65.1	La obtención del resultado no fue satisfactoria ya que debe estar entre los 68 a 70°Brix.
Humedad	19.5%	De acuerdo a la humedad relativa en los alimentos confitados este resultado no es adecuado para el producto.

La acidificación de los alimentos es un proceso que consiste en reducir el pH del alimento para impedir el desarrollo de los microorganismos patógenos. Este método puede llevarse a cabo de manera natural o artificial. En productos como el pescado se puede utilizar el ácido cítrico y láctico, dos compuestos con propiedades antimicrobianas y antioxidantes capaces de mejorar la conservación de alimentos perecederos. Entre los principales correctores del pH destaca el carbonato de sodio, el potasio y el magnesio.

Cuadro 3. Determinación, resultados, referencia y discusión para pulpa de tamarindo con chile guajillo.

Determinaciones	Resultados	Referencia-Discusión
pH	2.00	NMX-F-317-NORMEX-2013 Los resultados obtenidos no reúnen las condiciones necesarias.
°Brix	55.78	NMX-F-103-1982. Los grados Brix son bajos de acuerdo a la combinación realizada con arándanos.
Humedad	16.91%	NMX-F-428-1982. Los grados de humedad no fueron los apropiados ya que son muy bajos lo que permitirá una probable población de microorganismos.

Los grados Brix indican el porcentaje de sólidos solubles que comprende azúcares, ácidos y sales (AOAC, 1984). Los altos grados de azúcares ayudan a prevenir la inhibición de los microorganismos en la pulpa de fruta.





Cuadro 4. Análisis fisicoquímico de pulpa de tamarindo con arándanos.

Determinaciones	Resultados	Referencia-Discusión
pH	2.00	NMX-F-317-NORMEX-2013. El resultado no es satisfactorio, ya que el pH es muy bajo.
°Brix	72.70	NMX-F-103-1982. De acuerdo a los grados Brix establecidos, éste es el que más se aproxima a los estándares permitidos.
Humedad	9.52%	NMX-F-428-1982. Para las pulpas de fruta este es un resultado bajo, aunque no alcanza su límite máximo.

Como resultado de los análisis de humedad se observa que el contenido de humedad disminuye conforme el tiempo de tratamiento térmico esto es debido a que a mayor tiempo de tratamiento térmico a una temperatura de 85°C; ocurre mayor pérdida de agua del alimento.

Con respecto a la temperatura no se observó un efecto claro sobre la pérdida de humedad del alimento. El contenido de agua muestra si un producto que se pretende comercializar y producir tiene propiedades estándares como aptitud para almacenamiento, estabilidad microbiológica, propiedades de flujo, viscosidad, peso en seco, concentración o pureza, grado comercial (cumplimiento de los acuerdos de calidad) y valor nutricional del producto entre otros. Es por ello que entre más humedad contenga el producto tenderá a desarrollar algún tipo de microorganismo, en el caso de la pulpa de tamarindo con chile tiene menor humedad lo que hace que el producto inhiba algún microorganismo que altere sus características fisicoquímicas y organolépticas.

Análisis sensorial

Los resultados obtenidos indican que la pulpa de tamarindo con arándanos tuvo una buena aceptación respecto al color con un 40% y 60% (Puntos 9 y 8, respectivamente de la Figura 1), estos valores indican que la preferencia fue “gusta extremadamente”.

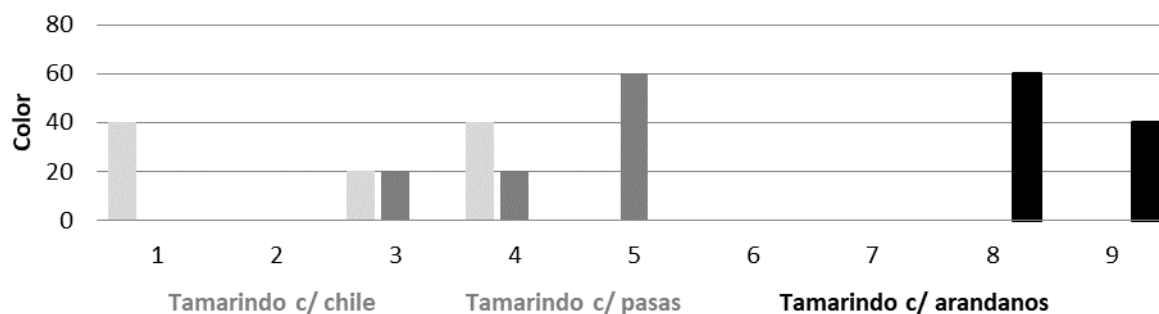


Figura 1. Análisis comparativo respecto al color.





En el tamarindo con pasas tuvo un 60% de aceptabilidad (Punto 5), el cual según la escala de evaluación indica que “no les es indiferente el sabor, pero tampoco la aceptan en una totalidad extrema”, y con un 20% (Puntos 3 y 4) que significa “disgustando extremadamente”. Para el tamarindo con chile guajillo se obtuvieron valores de 40% en los Puntos 1 y 4, y 20% en el Punto 3; estos porcentajes según la calificación de los catadores indican que el producto les “disgustó extremadamente”. Los resultados obtenidos indican que la pulpa de tamarindo elaborada con arándanos tiene la oportunidad de competir con otros productos similares que ya existen en el mercado, además de contar con los beneficios que la fruta natural como el tamarindo y arándanos proporciona. Esto considerando que, durante muchos años, la pulpa de tamarindo se ha comercializado sin ser fusionada con otros frutos. Actualmente se busca que la población incremente el consumo de alimentos naturales y reduzca hábitos alimenticios basados en grasas y azúcares. Respecto a la escala utilizada en la prueba hedónica, la formulación con 30% de arándanos adicionados al tamarindo registró valores, en cuanto al color, sabor, olor y textura, que indican que son aceptados por el consumidor, por lo tanto, se determina que es la que más agradó al paladar.

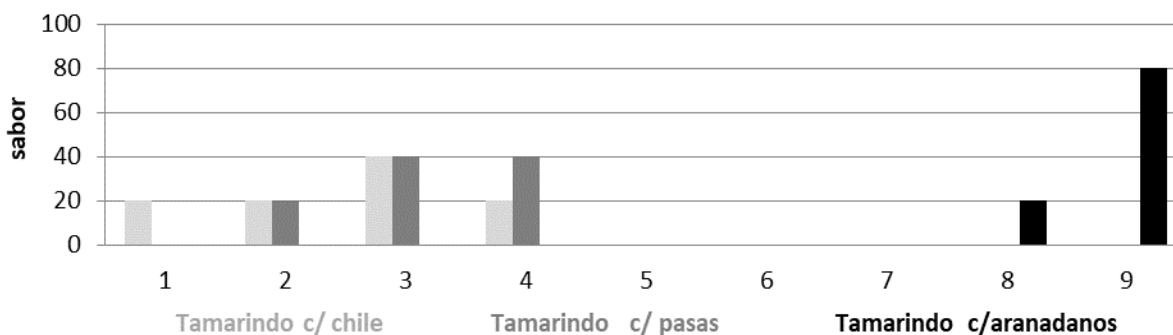


Figura 2. Gráfico comparativo con respecto al sabor.

El producto tamarindo con arándanos da un resultado del 80% en el Punto 9 y con porcentaje del 20% para el Punto 8, lo que da por resultado que la mayoría de los panelistas optaron por la pulpa número 3, con el resultado según escala reducida en “gusta extremadamente” para los catadores en su calificación asignada.



Para el producto tamarindo con pasas el resultado fue de 40% en los Puntos 3 y 4 y con un 20% en el Punto 2, lo cual indica que los catadores la clasificaron como “disgusta extremadamente”.

En la pulpa número 1 (tamarindo con chile guajillo) tuvo 20% en los Puntos 1, 2 y 4 y un 40% en el Punto 3 dando como resultado “disgusta extremadamente”.

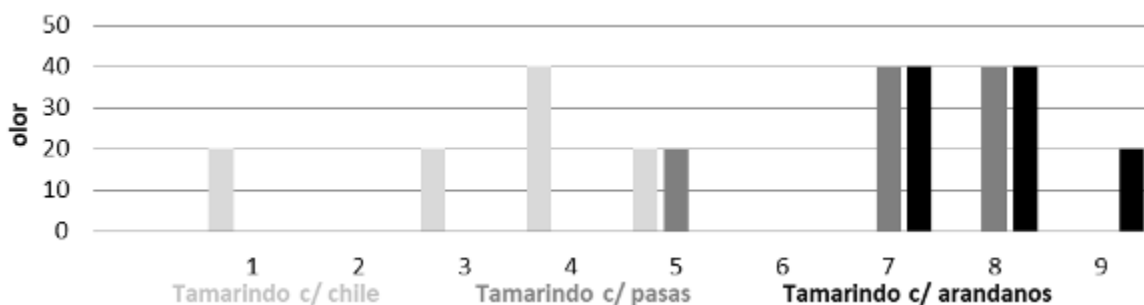


Figura 3. Gráfico comparativo con respecto al olor.

El resultado obtenido para el tamarindo con arándanos fue de un 40% en el Punto 7 y 8 de la escala hedónica, y en un 20% para el Punto 9 lo que da como resultado que “gusta extremadamente”. Para la pulpa de tamarindo con pasas el resultado, según la escala hedónica, fue “gusta extremadamente”, con valores de 40% en los Puntos 7 y 8; y 20% en el Punto 5 que significa “no gusta ni disgusta”.

Con relación a la textura, de acuerdo a la Figura 4, se encontró que la pulpa de tamarindo fue la más aceptada con un porcentaje de 20% en la escala Número 7 y 40% para los Puntos 8 y 9, los cuales se encuentran en el rango de “gusto extremo” según el resultado de los catadores.

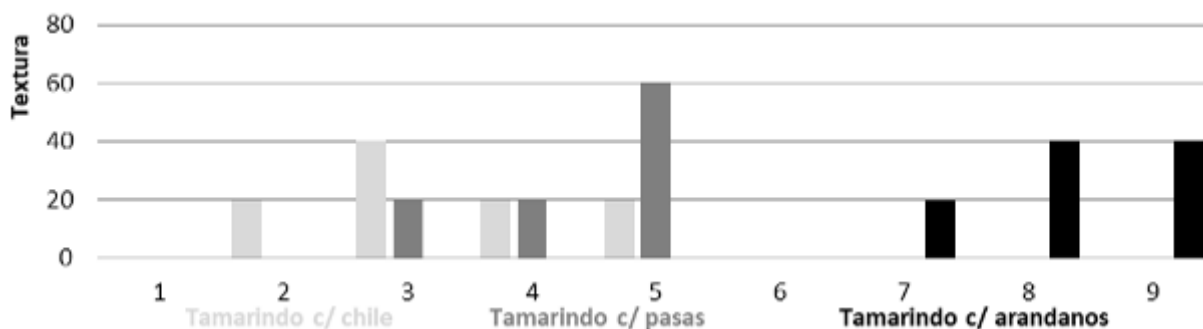


Figura 4. Gráfico comparativo con respecto a la textura.



El 20% para los Puntos 3 y 4 que implica “disgusta extremadamente” para el tamarindo con pasas, con el 60% en el Número 5 indicando que no tienen un sabor preferido en lo particular, y 40% para los Puntos 1 y 4 con en 20% concluyendo que disgusta extremadamente en el caso de la pulpa de tamarindo con chile guajillo.

En la prueba de pulpa de tamarindo con arándanos hay una aceptabilidad del 40% en los Puntos 8 y 9 en el que se deduce que “gusta extremadamente”, y en el Punto 7 con 60% también denominado según la tabla hedónica que “gusta extremadamente”.

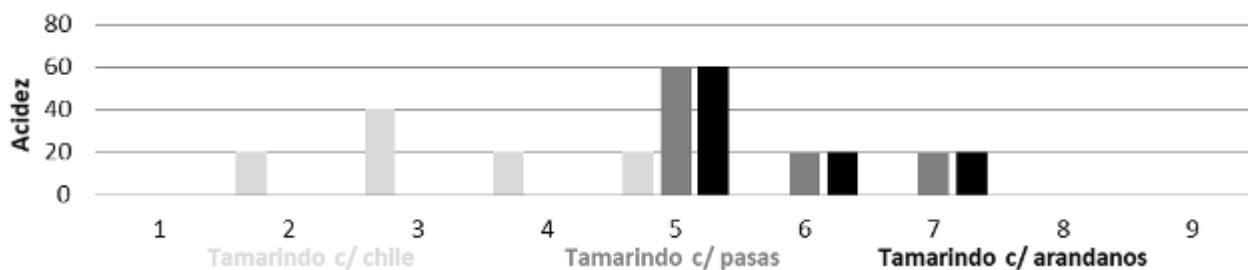


Figura 5. Gráfico comparativo con respecto a la acidez.

Para la prueba de pulpa con pasas los resultados son semejantes a los de pulpa de tamarindo con arándanos ya que los resultados arrojan un 60% para el Punto 5 y el 20% para los puntos 6 y 7. En la prueba de pulpa de tamarindo con chile guajillo se obtuvo un 40% en el Punto 3 y un 20% para los Punto 2, 4 y 5 lo que indica que “disgusta extremadamente”.

Conclusiones

1. Se conoce las diversas fases del proceso de la elaboración de pulpa de tamarindo con chile.
2. La importancia de llevar un control en la elaboración de un producto es fundamental poniendo en práctica las NOM de seguridad alimentaria y de esta manera aseguramos a los consumidores un alimento limpio y libre de cualquier material extraño.
3. Los alimentos difieren mucho en su susceptibilidad a la descomposición por microorganismos. Esto se debe, sobre todo, a sus diferencias en lo que atañe a los factores intrínsecos (A_w , pH, potencial O-R, contenido de nutrientes, sustancias antimicrobianas y estructuras de





protección). Un alimento con Aw más baja (~ 0.90) c un pH menor (~ 5.3). 4. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que nuestro producto se aproxima a cumplir con las características de una buena pulpa de tamarindo. 5. Se conoció la función y el uso oportuno de cada insumo utilizado durante la elaboración, además del uso del equipo dentro del laboratorio de fisicoquímica y microbiología.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Huatusco y a la empresa agroindustrial por brindar las facilidades para la realización de esta investigación.

Literatura citada

- AOAC (Asociación Oficial de Químicos Agrícolas). 1984. Official methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 14th ed. Washington, DC, USA. 771 p.
- Orozco, S. M. 2001. El cultivo del tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Folleto Técnico Núm.1. INIFAP. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Col., México. 90 p.





CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA SEMILLA DE *Attalea butyracea* DE LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ

Ismael Alatríste Pérez⁹⁶, María Esther Alonso Palacios^{96*}, Olivia Rodríguez Alcalá⁹⁶, Uganda Roque Martínez⁹⁶ y Estela Trujillo Chicuellar⁹⁶

Resumen

Las grasas y los aceites son los principales lípidos que se encuentran en los alimentos, contribuyen a la textura, a las propiedades sensoriales y de nutrición; sus principales fuentes son las semillas oleaginosas y los tejidos animales, terrestres y marinos, ya que las frutas y las hortalizas presentan normalmente bajas concentraciones, con algunas excepciones como el aguacate, las aceitunas y algunos tipos de nueces. Las grasas de origen animal se caracterizan por presentar un contenido relativamente alto de colesterol y una elevada cantidad de ácidos grasos saturados por lo que se consideran un factor de riesgo importante para varias enfermedades relacionadas con la dieta. Dentro de la tendencia de reducir las grasas animales en los alimentos está el uso de los aceites vegetales y sus fracciones, entre los que destaca el aceite de palma con un potencial prometedor por su apropiada consistencia a temperatura ambiente sin hidrogenación y su alta estabilidad oxidativa. La yagua, palma real aceitera americana o corozo (*Attalea butyracea*) se distribuye en el sur de México en bosques húmedos y márgenes de los ríos, tiene variados usos en la alimentación de humanos y animales, así como en la construcción y elaboración de muchos utensilios de uso doméstico. El objetivo de este trabajo fue evaluar la semilla de *A. butyracea* de la zona centro del estado de Veracruz como una alternativa para la obtención de aceite para su implementación en la industria alimentaria. Los análisis realizados a la semilla fueron acordes a los métodos aprobados por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Las medidas de la semilla oscilaron entre 2.67 ± 0.15 cm de longitud y el peso promedio fue de 1.38 ± 0.26 g. El contenido de humedad fue de $4.57 \pm 0.05\%$, el extracto etéreo de

⁹⁶Departamento de Procesos Alimentarios. Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.
*maria.alonso@utcv.edu.mx





58.73±0.73%, fibra cruda de 23.21 ±0.72%, cenizas 1.72±0.06%, proteína 7.46±0.63% y carbohidratos 4.31±1.14%.

Conocer las características de la semilla de *A. butyracea* en la región centro de Veracruz contribuye a plantear una nueva opción de uso, generar información científica y mostrar su potencial como en la obtención del aceite y sus derivados, pues representa una gran oportunidad como materia prima para la elaboración de productos en la industria alimentaria.

Palabras clave: aceite, grasas, industria alimentaria

Introducción

En México existe un gran déficit de aceites de origen vegetal, lo que implica importar aproximadamente el 85% de semillas oleaginosas para la extracción de aceite comestible (Jasso *et al.*, 2002). Existen otras fuentes como el aceite de palma africana como una alternativa para disminuir dicho problema; en años recientes este cultivo ha cobrado un dinamismo importante en algunas regiones del país, siendo Chiapas el principal estado productor con 79%, Veracruz con el 13% y el resto se cultiva en Tabasco y Campeche (SAGARPA, 2010). El aceite de palma y sus fracciones pueden combinarse para obtener grasas de composición y propiedades físicas previamente diseñadas. La adición de este tipo de ingrediente a productos cárnicos puede influir tanto en el proceso de elaboración como en su calidad sensorial (Pérez *et al.*, 2010). Las plantaciones de palma comienzan a producir frutos a los cuatro o cinco años de implantadas; cabe mencionar que los racimos llegan a pesar entre 25 a 30 kg, conformados por unos 1,000 a 4,000 frutos de forma ovalada, de 3 a 5 cm de largo.

El desarrollo de la industria oleoquímica representa una gran oportunidad para el uso de aceites de palma o almendra; debido a que la composición química de este aceite es similar a la del coco (Cordero *et al.*, 2008) podría ser utilizados como materia prima para la elaboración de productos tales como margarina, manteca, grasas para cocinar, jabones, cremas, cosméticos, aditivos para grasas, etc.





En México existe una gran variedad de especies de palmas, de las cuales, el aceite que contienen los frutos de *A. butyracea* llama la atención por presentar características similares al aceite de palma africana. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la semilla de *A. butyracea* de la zona centro del estado de Veracruz como una alternativa para la obtención de aceite y sus derivados.

Materiales y métodos

Las muestras de coyol de *A. butyracea* fueron recolectadas en la zona centro del estado de Veracruz, en marzo de 2018, posteriormente se fracturó el coyol para obtener el endospermo (semilla) en las cuales se les determinó masa y longitud; el contenido de humedad se determinó en un horno de secado marca Riossa a una temperatura de $70\pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas. El contenido de cenizas, extracto etéreo, fibra y proteína bruta se determinaron de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC (1990), mientras que, el contenido de carbohidratos se determinó por diferencia de peso.

Resultados y discusión

El valor obtenido para las variables masa y longitud de semilla fueron 1.38 ± 0.26 g y 2.67 ± 0.15 cm, respectivamente. En el Cuadro 1 se muestran los valores de la composición de la semilla de la *A. butyracea*; los resultados obtenidos dejan en claro que el contenido de grasa (58.73 ± 0.73) de *A. butyracea* fue superior al de la semilla de la palma africana y al valor reportado por Cordero *et al.* (2009) en frutos de *A. butyracea* colectado en estado silvestre en los municipios de Miranda y Nirgua, Venezuela, a una altitud media de 700 m y precipitación anual de 1,700 mm. El valor de grasa obtenido en esta semilla hace suponer que esta especie presenta un gran potencial para la generación de aceites, ya que contenidos similares se han reportado en la semilla de girasol; sin embargo, es importante realizar un perfil de ácidos grasos para fundamentar la composición del aceite para su aplicación a la industria alimentaria, ya que se utilizaría como una fuente para bases de





margarina, aceites comestibles, cosméticos, etc. Se obtuvo también un contenido elevado de fibra (23.21 ± 0.72), por lo que podría representar una alternativa para ser utilizada en la formulación de alimentos debido a los beneficios que ha mostrado en la salud humana, así también con los demás componentes como cenizas y proteínas.

Cuadro 1. Análisis bromatológico de la semilla de *Attalea butyracea* observado en frutos colectados en plantas silvestres del centro del estado de Veracruz.

Característica	Fracciones en base húmeda
Humedad (%)	4.57 ± 0.05
Grasas (%)	58.73 ± 0.73
Fibra (%)	23.21 ± 0.72
Cenizas (%)	1.72 ± 0.06
Proteína (%)	7.46 ± 0.63
Carbohidratos (%)	4.31 ± 1.14

Valores promedios (n = 3), \pm desviación estándar, expresado como % en masa

Conclusiones

1. La palma *A. butyracea* representa un potencial para la producción de aceite, sin embargo, se sugiere realizar un estudio completo para la identificación de los ácidos grasos para su uso en la industria alimentaria. Es importante plantear el aprovechamiento de esta palma para generar productos con valor agregado.

Agradecimientos

Al Departamento de Procesos Alimentarios de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz Campus Cuitláhuac (UTCV) por el apoyo y las facilidades para el desarrollo de esta investigación.





Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA. 771 p.
- Cordero, J., W. Alezn, F. Torrellas, R. Ruiz, G. Nouel, M. De Sousa *et al.* 2009. Características del fruto de la palma yagua (*Attalea butyracea*) y su potencial para producción de aceites. *Bioagro* 21(1):49-55.
- Jasso, C. D., S. Phillips B., R. Rodríguez G. y J. L. Angulo S. 2002. Girasol: producción de grano, contenido de aceite y composición de ácidos grasos de variedades cultivadas bajo temporal en el norte de México. p. 316-321. *In: Resultados de Proyectos de Investigación 2002*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.
- Pérez, D. D., F. Venegas O., M. Núñez de V. y J. González R. 2010. Utilización de aceite de palma en mortadela. *Nacameh* 4(1):11-22.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Monografía de cultivos: Palma de aceite. México.
- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257081/Potencial-Palma_de_Aceite.pdf
[consultado en agosto de 2018].





POTENCIAL PRODUCTIVO Y ADAPTACIÓN DE GENOTIPOS DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.) EN DOS AMBIENTES AGROECOLÓGICOS DE VERACRUZ

Arturo Durán Prado⁹⁷*, Andrés Vásquez Hernández⁹⁷, Isaac Meneses Márquez⁹⁷, Rigoberto Zetina Lezama⁹⁷, Romualdo Vásquez Ortiz⁹⁸ y Alberto Trujillo Campos⁹⁹

Resumen

La superficie de cacahuete cosechada en Veracruz en 2016 fue de 647 ha, las cuales tuvieron un rendimiento promedio de 1.04 t/ha, lo que originó una producción de 676.33 t. El INIFAP se realizó un ensayo regional de evaluación de nueve genotipos de cacahuete erecto y rastrero en seis localidades del estado de Veracruz, con el objetivo de identificar al menos, un genotipo erecto y otro rastrero, con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación en dos ambientes agroecológicos de Veracruz. Se establecieron experimentos durante el ciclo P-V 2016, en los municipios de Úrsulo Galván y Medellín, Ver., y P-V 2017 en los municipios de San Andrés Tuxtla, Úrsulo Galván, Medellín e Ignacio de la Llave, Ver. respectivamente. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), el número de frutos/planta, rendimiento de fruto en kg/ha, ajustado al 14% de humedad. Se utilizó un diseño de bloques al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones; los datos se analizaron con el paquete UANL 2.5, con el que se realizaron análisis de varianza individuales y combinados y la prueba de Tukey (0.05). El genotipo Criollo San Gerardo (erecto) tuvo una altura promedio con 57.57 cm y las variedades Florunner y Runner (rastreros) una altura de 47.67 y 46.39 cm; estos mismos obtuvieron 63.7 y 58.6 frutos/planta, respectivamente. El rendimiento de fruto obtenido en 2016 en suelo regosol de Úrsulo Galván, fue de 2,911 kg/ha y en el suelo fluvisol de Medellín, fue de 3,159 kg/ha en 2017, en regosol de Úrsulo Galván, fue de 4,223 kg/ha, en suelos fluvisoles de Ignacio de la Llave y Medellín se obtuvieron 2,892 y 2,805 kg/ha y en suelo andosol de San Andrés Tuxtla fue de 1,903 kg/ha. Los genotipos evaluados expresaron su mayor potencial de rendimiento promedio de las seis localidades con los genotipos

⁹⁷ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *duan.arturo@inifap.gob.mx

⁹⁸ Campo Experimental Iguala. INIFAP.

⁹⁹ Campo Experimental Zacatepec. INIFAP.





rastreros Florunner con 3,535 kg/ha, seguido por Runner con 3,239 kg/ha. Los mejores genotipos de hábito de crecimiento erecto fueron Criollo Ocozocoautla, con 3,098 kg/ha, seguido por Ranferi Díaz con 3,082 kg/ha. Se puede concluir que estos genotipos son promisorios por su adaptación y rendimiento para estas dos zonas agroecológicas del estado de Veracruz.

Palabras clave: *Arachis hypogaea* L., genotipos, potencial productivo

Introducción

El cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) del náhuatl que significa cacao de tierra es una oleaginosa que forma parte de los cultivos alternativos con potencial para su producción en áreas con suelos de textura arenosa a franco arenosa. Anualmente se dedican casi 20 millones de hectáreas para el cultivo de cacahuete a nivel mundial, con una producción anual entre 40 y 43 millones de toneladas. China, India, Nigeria, EEUU y Argentina se constituyen como los cinco principales productores, con el 40%, 14%, 7%, 6% y 3% de la producción mundial. En México se siembran anualmente 56,455 ha con cacahuete, la mayoría bajo condiciones temporal; en 2016 se produjeron 95,983 t con un rendimiento promedio nacional de 1.70 t/ha (SIAP, 2016). Los principales estados productores son Chihuahua, Sinaloa y Chiapas, que aportan más del 59.40% de la producción nacional. En ese mismo año, en el estado de Veracruz se cosecharon 647 ha en las que se tuvo una producción de 676.33 t, obteniéndose un rendimiento promedio bajo de 1.04 t/ha, en suelos de mediano o bajo potencial productivo. En esta entidad, el cacahuete se cultiva en los Distritos de Desarrollo Rural de Huayacocotla, La Antigua, San Andrés Tuxtla, Pánuco, Veracruz y Coatepec, en algunos son para autoconsumo local. Las variedades de cacahuete mejoradas por el INIFAP tienen buena adaptación a las condiciones agroecológicas de las zonas productoras del estado que se encuentran desde el nivel del mar hasta los 320 m de altitud. Con la variedad Ranferi Díaz, se pueden obtener rendimientos de hasta 1.5 t/ha, siguiendo las recomendaciones del paquete tecnológico del INIFAP de Iguala, Gro. Con sólo el uso de las variedades de INIFAP se incrementa la productividad de este cultivo de 30%, y reducir en





25% los costos de producción (Joaquín y Noriega, 2002). El Campo Experimental Cotaxtla desde 2002, ha desarrollado investigación en cuanto a introducción, selección y estudio de materiales de hábito de crecimiento erecto y rastreros evaluados durante 2002-2003, donde se aplicó el paquete tecnológico vigente de otros centros de investigación del INIFAP y se identificaron materiales con buena adaptación y comportamiento agronómico, respecto a las variedades comerciales sembradas en el municipio de Úrsulo Galván, Ver. El cultivo de cacahuete ha cobrado importancia en suelos de baja fertilidad como son los regosoles ubicados en la zona costera del estado de Veracruz, donde otros cultivos sembrados en estos suelos tienen rendimiento bajo, siendo el cacahuete un cultivo alternativo que puede prosperar en este ambiente edafoclimático, en el Campo Experimental Cotaxtla, se realizó la actualización del paquete tecnológico del cultivo de cacahuete en el estado de Veracruz, en el que se recomiendan: áreas con potencial productivo, fechas de siembra óptima, preparación del terreno, distancia entre surcos, variedades mejoradas como Río, Balsas y Huitzucó-93, siembra mecanizada, densidad de siembra, distancia entre matas, riegos de gravedad y ferti-riego, dosis de fertilización química, biofertilización con micorriza INIFAP, control mecánico y químico de malezas, control de plagas y control y prevención de enfermedades, época de cosecha mecanizada, con lo cual el productor puede realizar un cultivo rentable en suelos de baja a mediana fertilidad (Durán *et al.*, 2011).

El cultivo de cacahuete es adecuado para alcanzar rendimientos óptimos aún en un ambiente donde se requiriera ajustar el ciclo de vida del cultivo a la duración de la estación de crecimiento (número de días del año con disponibilidad de humedad en el suelo para los cultivos). La introducción de genotipos mejorados o nuevos cultivos en regiones nuevas está determinada en gran medida por la temperatura y la fenología (Aitken, 1974), por lo que el mejoramiento genético es crucial para incrementar los rendimientos y rentabilidad del cultivo. En una evaluación del potencial de rendimiento de cultivares erectos de cacahuete en el centro de Veracruz, Durán *et al.* (2004a) identificaron que los mejores genotipos por su rendimiento y resistencia moderada a la roya fueron: V.C. C-49 MOR con 7,108 kg/ha, SMEC 14 con 6,799 kg/ha y SIEC 5 con 6,656 kg/ha, los cuales se consideraron como promisorios para continuar su evaluación experimental y posible liberación. Al estudiar cultivares de cacahuete rastreros en Veracruz, Durán *et al.* (2004b) encontraron que los mejores materiales evaluados por su rendimiento e inmunidad a la roya fueron NC-6, C. 25-PUE y





Col. 20 Gto., con rendimientos de fruto de 4,698 kg/ha, 4,640 kg/ha y 4,502 kg/ha respectivamente. Campos-Mondragón *et al.* (2009), estudiaron el rendimiento agrícola y composición química (proteína, grasa, carbohidratos, fibra y cenizas), perfil de aminoácidos, digestibilidad, perfil de ácidos grasos, contenido de tocoferol y de esteroides de seis variedades de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) Col-24-Gro., Col-61-Gto., VA-81-B, Ranferi Díaz, NC-2 y Florunner, los resultados que obtuvieron mostraron que el mayor rendimiento se logró en las variedades Ranferi Díaz y Col-61-Gto con 6.3 y 5.4 t/ha respectivamente, mientras que Florunner obtuvo 2.5 t/ha.

Ayala (1975), evaluó 18 variedades erectas de cacahuete en tres localidades de la región de Huitzuco, Gro., encontrando los rendimientos promedio más altos con las variedades RF-214, RF-132 y RF-127, con 4,860 kg/ha; 4,711 kg/ha y 4,584 kg/h; mientras que la variedad con menor rendimiento fue Manfredi 59-523 con 2,505 kg/ha. Joaquín y Ayala (1996) citados por (Durán *et al.*, 2011), desarrollaron las variedades mejoradas Río Balsas de porte erecto y Huitzuco-93 de porte rastrero, las cuales son resistentes a la “canícula” (sequía intraestival del mes de agosto), y aún con 47 días de sequía después de la primer lluvia muestran excelente recuperación en el tamaño de planta, número de flores y frutos y rendimientos de 3.1 y 2.6 t/ha respectivamente; ambas variedades son de fruto y semilla grande (tipo Virginia), característica que las hace apropiadas para su venta al consumo directo en el mercado rural. Estas variedades se recomiendan para los estados de Puebla, Morelos y Guerrero; Veracruz es una entidad con buen potencial productivo para su adopción por los productores que carecen de variedades mejoradas de cacahuete. Joaquín *et al.* (2005), reportan rendimientos promedio de variedades mejoradas de cacahuete de hábito erectos (A-18, Ranferi Díaz y Río Balsas), semi-rastrero (RF-214) y rastrero (Huitzuco-93), con rendimientos de fruto de cacahuete de 1.8, 1.6, 1.7, 1.7 y 1.7 t/ha; la altura de planta de dichos materiales fue de 35, 65, 54, 57 y 58 cm, estos son valores promedio de dos años de evaluación en ocho localidades del estado de Guerrero.

Kumuthini y Arulnandhy (2002), estudiaron de 14 genotipos de cacahuete en Sri Lanka, encontraron que en el ciclo de junio-septiembre de 1996, el genotipo con mayor rendimiento de fruto fue ICGV 89318, seguido por ICGV 88345, los cuales lograron 4,592.8 y 3,755.1 kg/ha respectivamente, mientras que el genotipo testigo Red Spanish produjo 2,067.6 kg/ha,





estos tres genotipos reportan 10.3, 9.2 y 6.3 frutos/planta, y en el peso de 100 semillas de 51.4, 73.0 y 32.7 g.

Shanlin *et al.* (2000), reportan que la nueva variedad de cacahuate erecto Huayu 17 mostró que obtuvo mayores valores en características importantes como número de vainas (frutos/planta) de 8.5 en comparación con la variedad Luhua 9 que produjo 7.6 vainas, el peso de 100 semillas y 100 frutos fue para Hueu 17 de 85.4 y 216.1 g respectivamente, mientras que Luhua 9 obtuvo 77.7 y 189.0 g; Huayu 17 superó en rendimiento de fruto (3,554 kg/ha) en 14.3% al cultivar Luhua 9. Huayu 17 se recomienda para primavera y verano en el norte de China.

Campos-Sánchez *et al.* (2015), evaluaron en tres genotipos de cacahuate la aplicación de fertilización química en Quechultenango, Gro., reportan que obtuvieron rendimientos promedio con Huitzucó, Quechultenango y Santa Teresa de 2.68, 3.52 y 4.16 t/ha. En Sinaloa, Angúlo y Joaquín (S/F), validaron 21 variedades del banco de germoplasma de cacahuate del Campo Experimental Iguala del INIFAP, aplicando el paquete tecnológico para alta productividad de cacahuate en seis lotes demostrativos. El rendimiento promedio de las variedades de cacahuate validadas fue de 2.0 t/ha, su tamaño de vaina igual o mayor a 3.5 cm, su ciclo vegetativo de 115 días a la trilla (25 días menos que el promedio en las variedades tradicionales), y su mercado es el tostado en cáscara. Las variedades validadas se adaptaron a las condiciones de clima y suelo de Mocorito, Sin., tienen hábito de crecimiento erecto, lo que no afecta al sistema mecanizado de cosecha de los productores de cacahuate. Su tolerancia a plagas es semejante a la de la variedad Río Balsas (testigo).

Barrera *et al.* (2002), mencionan que la introducción de materiales a través de germoplasma denominado élite (variedades criollas, variedades mejoradas, poblaciones segregantes, líneas puras, etc.) es el método más común y rápido de fitomejoramiento, a través del cual se valora la respuesta de genotipos introducidos a una zona o región en base a sus caracteres morfológicos agronómicos e industriales de mayor importancia, que deben reunir ciertas variedades.

Por todo lo anterior fueron objetivos de esta investigación: determinar el potencial de rendimiento y adaptación de genotipos de cacahuate erectos y rastreros en dos ambientes agroecológicos del estado de Veracruz; e identificar la adaptación de genotipos erectos y





rastreros de cacahuete en seis localidades en tres tipos de suelo (regosoles, fluvisoles y andosoles).

Materiales y métodos

Se establecieron seis ensayos: dos en el ciclo P-V 2016, uno en el ejido Las Lomas, mpio. de Úrsulo Galván (19°22'5.00" Latitud Norte y 96°19'23.22" Longitud Oeste) el 2 de julio de 2016, el segundo en el Campo Experimental Cotaxtla, mpio. de Medellín (18°56' 06" Latitud Norte y 96° 11'32" Longitud Oeste), el 11 de julio. En P-V 2017 fueron cuatro: en el ejido Las Lomas, mpio. de Úrsulo Galván (19°22'5.00" Latitud Norte y 96°19'23.22" Longitud Oeste) el 27 de junio, el segundo en Santa Rosa de Abata, mpio. de San Andrés Tuxtla (18°27'42.34" LN y 95°09'53" LO) el 7 de junio, el tercero en El Rubí, mpio. de Medellín (18°55'55.1" LN y 96°11'56.4" LO) el 3 de julio y el cuarto en CBTa # 36, mpio. de Ignacio de la Llave (18°42'45.6" LN y 96°01'07.5" LO) el 4 de julio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localidades de prueba y georreferenciación geográfica, tipo de suelo y clima.

Localidad	Mpio.	Coordenadas	Tipo de suelo*	Textura	Clima ^{&}
Ejido Las Lomas	Úrsulo Galván	19°22'5.00" LN y 96°19'23.22" LO	Regosol	Arenosa	AW ₂
C. E. Cotaxtla	Medellín	18°56'06" LN y 96°11'32" LO	Fluvisol	Franco-arenoso	AW ₂ (W) (e)
Ejido Las Lomas	Úrsulo Galván	19°22'5.00" LN y 96°19'23.22" LO	Regosol	Arenosa	AW ₂
CBTa # 36	Ignacio de la Llave	18°42'45.6" LN y 96°01'07.5" LO	Fluvisol	Franco-arcillosa	AW ₂ (W) (i')
El Rubí	Medellín	18°55'55.1" LN y 96°11'56.4" LO	Fluvisol	Franco-arenoso	AW ₂ (W) (e)
Santa Rosa de Abata	San Andrés Tuxtla	18°27'42.34" LN y 95°09'53" LO	Andosol	Franco-arenoso	AW ₂

• = Clasificación FAO UNESCO (1976).

& = Clasificación climática. García (1981).

Diseño experimental. Durante los ciclos agrícolas P-V 2016 y P-V 2017, fueron evaluados nueve tratamientos (genotipos) donde se incluyeron seis genotipos criollos de otros estados (uno de hábito de crecimiento semi-rastrero y cinco erectos), una variedad mejorada INIFAP y dos testigos regionales del productor (Cuadro 2) en un diseño bloques al azar con tres





repeticiones, el tamaño de parcela experimental fue de cuatro surcos de 0.6 m de separación x 4.0 m de longitud (9.6 m²), la parcela útil consistió en cosechar los dos surcos centrales de 3.0 m de longitud eliminando 0.5 m de bordos en los extremos de la parcela (3.6 m²).

Cuadro 2. Lista de genotipos de cacahuete de los ensayos. Ciclos P-V 2016-2017.

Trat.	Tratamiento (Genotipo)	Origen	Tipo	Hábito de crecimiento	Tipo de grano
1	Huitzucó	Gro.	Criollo	Semi-rastrero	Valencia
2	Ocozocoautla	Chis.	Criollo	Erecto	Valencia
3	Zaachila	Oax.	Criollo	Erecto	Valencia
4	Tlaxmalac	Gro.	Criollo	Erecto	Valencia
5	San Gerardo	Gro.	Criollo	Erecto	Valencia
6	Santa Teresa	Gro.	Criollo	Erecto	Valencia
7	Ranferi Díaz	Gro.	Variedad	Erecto	Valencia
8	Runner (testigo)	EEUU	Variedad	Rastrero	Español
9	Florunner (testigo)	EEUU	Variedad	Rastrero	Español

Las variables cuantificadas en los seis experimentos fueron altura de planta (cm), tomadas cada 20 días a partir de la fecha de siembra, a la cosecha el número de frutos/planta y el rendimiento de fruto en kg/ha, el que se estimó una vez que las plantas llegaron a su madurez fisiológica, que ocurrió de los 120-125 días después de la siembra. Se utilizó un medidor de humedad digital G-WON modelo GMK-303A para registrar la humedad de cada una de las parcelas y se corrigió el peso ajustando al 14% de humedad para después hacer la estimación en kg/ha.

Las actividades realizadas en las seis localidades donde se condujeron los ensayos de rendimiento de genotipos de cacahuete se citan en el Cuadro 3, donde se llevó a cabo el manejo agronómico del cultivo de cacahuete con las recomendaciones del INIFAP en Veracruz (Durán *et al.*, 2011), desde la preparación del terreno, fechas de siembra, aplicación de fungicida a la semilla antes de talarla en el momento de la siembra, dosis de fertilización química, insecticidas, herbicidas, fungicidas, dosis/ha aplicados, cultivos mecánicos, manuales y con yunta en el ciclo primavera-verano 2016 y 2017 en dos zonas agroecológicas del estado de Veracruz.





Cuadro 3. Labores agronómicas realizadas en el manejo de seis ensayos de rendimiento de genotipos de cacahuate en dos zonas agroecológicas de Veracruz. Ciclos P-V 2016-2017.

Localidad	Preparación de terreno	Fecha de siembra	Fungicida directo a la semilla	Fertilización kg/ha (N-P-K)	Insecticida	Herbicida	Cultivos	Fungicida
Úrsulo Galván	Dos pasos cruzados de rastra + surcado a 0.8 m (15-jun.-2017)	02-julio-2016	Interguzan 30-30 (1 kg/ha)	40-40-00	Cipermetrina 250 mL/ha	Fusilade + Flex (1 + 1 L/ha)	Cultivo con tractor	Clorotalonil 1.75 L/ha
Medellín	Barbecho + dos pasos cruzados de rastra + surcado a 0.8 m (25-jun.-2017)	11-julio-2016	Interguzan 30-30 (1 kg/ha)	40-40-00	Cipermetrina 250 mL/ha	Fusilade + Flex (1 + 1 L/ha)	Cultivo con tractor	Clorotalonil 1.75 L/ha
Úrsulo Galván	Dos pasos cruzados de rastra + surcado a 0.8 m (15-jun.-2017)	27-junio-2017	Interguzan 30-30 (1 kg/ha)	40-40-00	Cipermetrina 250 mL/ha	Fusilade + Flex (1 + 1 L/ha)	Cultivo con tractor	Clorotalonil 1.75 L/ha
Ignacio de la Llave	Barbecho + dos pasos cruzados de rastra + surcado a 0.8 m (27-jun.-2017)	04-julio-2017	Interguzan 30-30 (1 kg/ha)	40-40-00	Cipermetrina 250 mL/ha	Fusilade + Flex (1 + 1 L/ha)	Cultivo y "atierre" con yunta de caballo	Clorotalonil 1.75 L/ha
Medellín	Barbecho + dos pasos cruzados de rastra + surcado a 0.8 m (25-jun.-2017)	03-julio-2017	Interguzan 30-30 (1 kg/ha)	40-40-00	Cipermetrina 250 mL/ha	Fusilade + Flex (1 + 1 L/ha)	Cultivo con tractor	Clorotalonil 1.75 L/ha
San Andrés Tuxtla	Chapeo con machete y aplicación de Paraquat 1.5 L/ha (05-jun.-2017)	07-junio-2017	Interguzan 30-30 (1.0 kg/ha)	30-40-00	Cipermetrina 250 mL/ha		Deshierbes manuales y con azadón	Clorotalonil 1.75 L/ha

Resultados y discusión

Altura de planta (cm)

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) entre genotipos a los 120 días después de la siembra (DDS) en tres localidades y diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) en dos localidades y en una localidad no hubo diferencias estadísticas entre genotipos. En promedio de seis localidades, el genotipo con mayor altura promedio fue el Criollo San Gerardo con 57.5 cm (erecto), seguido por Ranferi Díaz con 57.3 cm y los genotipos de menor altura fueron Florunner y Runner con 47.6 y 46.3 cm respectivamente (Cuadro 4).





Cuadro 4. Altura de planta de cacahuete (cm) a los 120 días después de la siembra (DDS) en seis localidades de Veracruz. Ciclos P-V 2016-2017.

Núm. Tratamiento	P-V 2016		P-V 2017			Media
	U. Galván	Medellín	U. Galván	Ignacio de la Llave	Medellín San Andrés	
1. Huitzucó	33.93 ab	46.13 cd	41.79	50.13 a	90.86 a 58.87 a	53.6 abc
2. Ocozocoautla	32.40 ab	56.40 bc	43.46	50.20 a	91.00 a 53.93 abc	54.5 ab
3. Zaachila	29.00 ab	58.33 ab	42.4	53.00 a	91.19 a 54.07 abc	54.6 ab
4. Tlaxmalac	35.40 ab	64.00 ab	43.06	51.53 a	90.06 a 49.00 bcd	55.5 ab
5. San Gerardo	33.60 ab	69.33 a	45.6	53.33 a	91.06 a 52.53 abc	57.5 a
6. Santa Teresa	32.60 ab	62.00 ab	42.73	51.26 a	90.93 a 54.33 abc	55.6 ab
7. Ranferi Díaz	37.60 a	63.00 ab	44.73	51.93 a	92.73 a 53.93 abc	57.3 a
8. Runner (T)	25.60 b	40.20 d	36.93	41.39 b	87.53 a 46.73 cd	46.3 c
9. Florunner (T)	31.00 ab	39.86 d	43.39	41.73 b	89.40 a 40.67 d	47.6 bc
Media	32.34	55.44	42.67	49.38	90.52 51.56	53.99
C. V. (%)	11.09	7.28	7.87	5.52	3.91 10.80	8.00
ANOVA	*	**	N.S.	**	** *	*

Número de frutos/planta

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) entre genotipos en cinco localidades ya que en una de ellas (Medellín P-V 2017) no fue posible tomar este dato por la textura del suelo. En promedio de cinco localidades, los genotipos con mayor número de frutos fueron el Runner y Florunner, los cuales durante dos ciclos de prueba obtuvieron 58.6 y 63.7 frutos/planta respectivamente, seguido por Criollo Huitzucó con 37.5 frutos/planta, el genotipo con menor producción de frutos fue Criollo Ocozocoautla con 25.3 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de frutos/planta de genotipos de cacahuete en cinco localidades de Veracruz. Ciclos P-V 2016-2017.

Núm. Tratamiento	P-V 2016		P-V 2017		Media
	U. Galván	Medellín	U. Galván	Ignacio de la Llave San Andrés	
1. Huitzucó	46.2 ab	80.4 ab	26.33	21.66 ab 13.30 b	37.5 ab
2. Ocozocoautla	17.8 c	50.3 ab	27.40	19.60 b 11.40 b	25.3 b
3. Zaachila	13.1 c	62.2 ab	33.13	17.40 b 13.40 b	27.8 b
4. Tlaxmalac	25.6 bc	38.6 b	32.20	28.86 ab 13.33 b	27.7 b
5. San Gerardo	26.2 bc	58.7 ab	23.19	20.8 ab 16.07 b	29.0 b





Continúa Cuadro 5...

Núm. Tratamiento	P-V 2016		P-V 2017			Media
	U. Galván	Medellín	U. Galván	Ignacio de la Llave	San Andrés	
6. Santa Teresa	14.0 c	41.6 ab	37.46	33.66 ab	15.93 b	28.5 b
7. Ranferi Díaz	20.2 bc	46.1 ab	22.60	29.93 ab	15.33 b	26.8 b
8. Runner (T)	54.3 a	134.3 ab	55.66	44.86 a	29.80 a	63.7 a
9. Florunner (T)	46.5 ab	150.0 a	29.19	36.79 ab	30.80 a	58.6 ab
Media	29.30	73.61	31.90	28.17	17.70	36.14
C. V. (%)	31.63	52.76	34.30	29.86	35.64	45.61
ANOVA	**	**	*	**	**	**

Rendimiento de fruto kg/ha

El análisis combinado para la variable rendimiento de fruto en kg/ha, ajustado al 14% de humedad de nueve genotipos en seis localidades se realizó tomando las dos localidades de ciclo P-V 2016 que fueron Úrsulo Galván y C. E. Cotaxtla, Medellín, Ver., y las cuatro localidades estudiadas en P-V 2017. El análisis de varianza combinado no detectó diferencias estadísticas entre genotipos mientras que entre localidades y la interacción localidades x genotipos detectaron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$), en el Cuadro 6, se observa que el máximo rendimiento por localidad lo obtuvo Úrsulo Galván (U.G.) (2017) con 4,201 kg/ha, seguido por el C. E. Cotaxtla, Medellín (MED) (2016) con 3,122 kg/ha, la tercer localidad con mayor rendimiento lo fue Úrsulo Galván (U.G.) (2016) con 2,911 kg/ha, en cuarto sitio se ubicó la localidad de Medellín (MED) (2017) con 2,851 kg/ha, en penúltimo sitio fue para Ignacio de la Llave (I LI.) (2017) con 2,752 kg/ha, la localidad con el menor rendimiento fue San Andrés Tuxtla (SAT) (2017) con 1,965 kg/ha, el rendimiento medio de este ensayo en estas seis localidades fue de 2,951 kg/ha, las diferencias entre localidades se pudieron deber al tipo de suelo y a las condiciones climatológicas que ocurrieron durante los meses de junio a noviembre del ciclo de temporal 2016 y 2017. El promedio de rendimiento de fruto del mejor genotipo de las seis localidades de prueba fue el Florunner (testigo) con 3,480 kg/ha, en tanto que en segundo y tercer lugar fueron los genotipos Runner (testigo) y Criollo Ocozocoautla con 3,164 y 3,099 kg/ha respectivamente, en el Cuadro 6, se aprecia que el genotipo Florunner (testigo) se mantiene con los rendimientos más estables a través de la seis localidades, también los genotipos Runner (testigo), Criollo Ocozocoautla y Ranferi





Díaz, el genotipo que fue menos productivo en rendimiento en las seis localidades de estos nueve materiales fue el Criollo Zaachila con 2,438 kg/ha.

El rendimiento promedio del análisis combinado fue de 2,951 kg/ha, el cual incrementó el rendimiento de más de 1,911 kg/ha respecto al rendimiento de fruto promedio del estado de Veracruz de 1,040 kg/ha (SIAP, 2016), lo que significa un aumento de rendimiento unitario de 183.75%.

Cuadro 6. Rendimiento de fruto (kg/ha) de nueve genotipos de cacahuate en seis localidades del estado de Veracruz. Ciclos P-V 2016 y P-V 2017.

Trat. Genotipo	Rendimiento de fruto (kg/ha)						
	P-V 2016		P-V 2017				
	U.G.	MED.	U.G.	ILL.	SAT	MED.	Media
9. Florunner (testigo)	2702	4699 ab	3586	3948	3244 a	3031	3480
8. Runner (testigo)	2099	4752 a	2566	3463	2593ab	2961	3164
2. Criollo Ocozocoautla	3703	2664 bc	4715	2756	1341e	3414	3099
7. Ranferi Díaz	3684	2416 c	4611	2465	2529ab	2791	3083
1. Criollo Huitzucó	3097	2851 bc	4409	2257	2203bcd	2927	2957
6. Criollo Santa Teresa	2772	3141 bc	4420	2819	1579de	2690	2907
5. Criollo San Gerardo	3333	2570 bc	4541	2222	1211e	2645	2754
4. Criollo Tlaxmalac	2902	2646 bc	3875	2507	1185e	2807	2654
3. Criollo Zaachila	1910	2691 bc	4097	2197	1800cde	2263	2438
Media	2911	3122	4201	2752	1965	2851	2951
C. V. (%)	32.03	22.33	13.22	31.31	25.35	25.05	24.11
ANOVA	N. S.	**	N.S.	N.S.	**	N.S.	N. S.
Localidades							**
Loc. X genotipos							**

*Tukey (0.05): tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Conclusiones

1. Los genotipos evaluados observaron buen comportamiento agronómico y se identificaron materiales de dos hábitos de crecimiento en los tres tipos de suelo. 2. Los mejores genotipos de cacahuate rastreros fueron los materiales comerciales Florunner y Runner, los cuales superan en 255.8% y 229.4% el rendimiento medio estatal en Veracruz. 3. Los mejores





genotipos erectos fueron Criollo Ocozocoautla, con 3,099 kg/ha, seguido por Ranferi Díaz con 3,083 kg/ha, en quinto sitio se ubicó el Criollo Huitzucó con 2,957 kg /ha, aunque los demás tratamientos fueron menores en rendimiento a estos, cabe señalar que estos superan en más del 121.2 a 185.9% a la producción promedio estatal de cacahuate en Veracruz que es de 1,040 kg/ha, por lo tanto los mejores genotipos rastreros y erectos son considerados como promisorios y buena adaptación en áreas aptas para el cultivo de cacahuate en dos zonas agroecológicas de Veracruz.

Literatura citada

- Aitken, Y. 1974. Flowering time, climate and genotype: Melbourne, Australia. University Press. Carlton, Victoria. Australia 193 p.
- Angulo, S. J. R. 2008. Validación de 20 variedades mejoradas de cacahuate. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa A. C. Tríptico. 2 p.
<https://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/Publicaciones-Sinaloa/Paquetes-tecnologicos-2008-2009/20%20Variedades%20cacahuate.pdf>
- Angulo, S. J. R. e I. C. Joaquín T. 2008. Paquete tecnológico para alta productividad de cacahuate. Memoria Resultados de Proyectos. Fundación Produce Sinaloa A. C. SAGARPA. Gobierno del Estado de Sinaloa. 23 p. <https://www.fps.org.mx/.../1372-paquete-tecnologico-para-la-alta-productividad-de-ca...>
- Ayala, L. O. 1975. Avances de la evaluación de 18 variedades erectas de cacahuate en la región cacahuatera de Huitzucó, Gro. Agric. Téc. Méx. 10(3):371-375.
- Barrera, O. A., V. Díaz B. y L. Hernández A. 2002. Producción del cultivo de cacahuate en el estado de Morelos. Folleto Técnico N° 18. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor., México. 34 p.
- Busolo-Bulafu, C. M. 1994. The role of genetic enhancement in the sustainability of groundnut production. p: 24-25. *In*: Ndonguru, B. J., G. L. Hildenbrand and P. Subrahmanyam (eds.). Sustainable groundnut production in Southern and Eastern Africa. ICRISAT. Andhra Pradesh, India.





- Campos-Mondragón, M. G., A. M. Calderón de la Barca, A. Durán-Prado, L. C. Campos-Reyes, R. M. Oliart-Ros and J. Ortega-García. 2009. Nutritional composition of new peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. *Grasas y aceites* 60(2):161-167.
- Campos-Sánchez, G., A. C. Michel-Aceves, R. Vásquez-Ortiz y Q. Obispo-González. 2015. Rendimiento de tres genotipos de cacahuete en respuesta a la fertilización química y regulador de crecimiento. p. 61-65. *In: Foro de estudios sobre Guerrero*. Vol. 1. N° 2.
- Durán, P. A., V. O. López G. S. Sánchez D., E. N. Becerra L. y F. A. Rodríguez M. 2004a. Comportamiento agronómico de cultivares rastreros de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en el centro de Veracruz, México. p. 293. *In: Memoria de resúmenes. XX Congreso Nacional de Fitogenética 2004*. Toluca, Edo. de Méx., México.
- Durán, P. A., V. O. López G. S. Sánchez D., E. N. Becerra L. y F. A. Rodríguez M. 2004b. Potencial de rendimiento de cultivares erectos de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) en el centro de Veracruz, México. p. 282. *In: Memoria de resúmenes. XX Congreso Nacional de Fitogenética 2004*. Toluca, Edo. de Méx., México.
- Durán, P. A., V. O. López G., E. N. Becerra L., V. A. Esqueda E., I. C. Joaquín T. y J. Cumpián G. 2011. Manual de producción del cultivo de cacahuete *Arachis hypogaea* L. en el estado de Veracruz. Folleto para Productores N° 16. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Veracruz. 76 p.
- FAO-UNESCO 1976. Mapa mundial de suelos 1:5 000 000. Vol. III. México y América Latina. Preparado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Unesco-París. 1976.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ra. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D. F. 252 p.
- Joaquín, T. I. C. y D. H. Noriega C. 2002. Guía para producir cacahuete de temporal en la región norte de Guerrero. Folleto para Productores N° 9. INIFAP. SAGARPA. CIRPAS. Campo Experimental Iguala. Iguala, Gro., México. 27 p.





- Joaquín, T. I. C., J. H. Hernández S., S. Sánchez D., A. Barrera O., S. Alvarado M., C. Martínez G. *et al.* 2005. Guía para cultivar cacahuete de temporal en la cuenca del alto Balsas. Folleto para Productores N° 41. INIFAP. CP. UACH. UAG. SAGARPA. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor., México. 28 p.
- Kumuthini, D. H. and V. Arulnandhy. 2002. Performance of introduced medium-duration groundnut genotypes in Eastern Sri Lanka. *International Arachis Newsletters* 20:24-26.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (Programa de computo versión 2.5) Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.
- Shanlin, Y., C. Yuliang, C. Shuyuan and M. Ping. 2000. A new high-yielding low oil content groundnut variety. *International Arachis Newsletter* 20:32-33.
- SIAP (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera) 2016. Anuario estadístico de la producción agrícola por estado. Veracruz. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. [consultado el 22 de mayo de 2017].





HUMEDAD, TEMPERATURA DE SUELO Y VOLUMEN DE RAÍCES EN PIÑA CON CUBIERTA PLÁSTICA Y NUTRICIÓN ORGÁNICA

Andrés Rebolledo Martínez^{100*}, Laureano Rebolledo Martínez¹⁰⁰, María Enriqueta López Vázquez¹⁰⁰,
Rosa Laura Rebolledo García¹⁰⁰, Daniel Uriza Ávila¹⁰⁰, Rigoberto Zetina Lezama¹⁰⁰, Gerardo Montiel
Vicencio¹⁰⁰, Carlos Tinoco Alfaro¹⁰⁰, Naín Peralta Antonio¹⁰⁰ y Mónica Flores Ascención¹⁰¹

RESUMEN

La demanda mundial de productos orgánicos se incrementa debido al interés por consumir alimentos sanos, obtenidos con tecnologías de bajo impacto ambiental. En el mundo se producen 20 millones de toneladas de piña; sin embargo, se produce bajo esquemas convencionales y no más del 0.1% se produce con manejo orgánico. México, participa con un millón de toneladas, pero la producción orgánica es incipiente, la tecnología escasa y no cubre la demanda del mercado. El objetivo fue determinar la temperatura y la humedad del suelo, así como el volumen de raíces en piña MD-2 en desarrollo vegetativo bajo nutrición orgánica en suelo con cubierta plástica. El trabajo se estableció en mayo de 2017, en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, en suelos vertisoles, bajo un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones; la parcela grande fue: suelo desnudo y cubierta plástica; la parcela chica tuvo: nutrición orgánica, con 15 t/ha de bocashi, nutrición mineral y sin fertilización. Las variables fueron, volumen de raíces, temperatura de suelo a diferentes profundidades en dos horas del día y humedad de suelo en la etapa vegetativa del cultivo y peso fresco de planta. Los resultados mostraron que los tratamientos bajo cubierta plástica tuvieron mayor contenido de humedad en el suelo, así como mayor contenido de raíces adventicias en comparación con el suelo desnudo, sin haber diferencias significativas entre los niveles de nutrición. La temperatura del suelo fue mayor en las horas más cálidas del día en los primeros 10 cm de profundidad del suelo y fue disminuyendo la diferencia hasta los 30 cm de profundidad en donde prácticamente la temperatura fue igual que en las mediciones realizadas a las 7:00 am.

¹⁰⁰ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *rebolledo.andres@inifap.gob.mx

¹⁰¹ Universidad Tecnológica de Tecamachalco





Palabras clave: *Ananas comosus*, sustentabilidad, MD-2, acolchado

Introducción

Veracruz, Oaxaca y Tabasco concentran alrededor del 93% de la superficie total de piña cultivada en México; son los principales exportadores de piña fresca convencional (no orgánica) y aportan un importante ingreso en divisas por ese concepto (SIAP, 2014); sin embargo, en el contexto internacional, aun con casi 100 mil toneladas de piña fresca exportada, nuestro país tiene muy baja participación en el mercado de exportación de piña fresca, donde realmente destacan como los mayores proveedores mundiales: Costa Rica (29%), Francia (12.8%) y Costa de Marfil (11.2%). En Latinoamérica las exportaciones están dirigidas principalmente a Estados Unidos de la siguiente forma: Costa Rica (81.5%), Honduras (11%), México (5.7%), Ecuador (0.9%) y Guatemala (0.1%) (CIMS, 2004). Además de la competencia entre países proveedores, debe considerarse también que otra limitante para la exportación de frutos, son los cambios actuales en los patrones de alimentación y hábitos de consumo de los mercados con poder adquisitivo, orientados al consumo de productos de buena calidad y producidos de manera amigable con el medio ambiente (Fletcher, 1997).

Bajo estas circunstancias, en los países exportadores actualmente exigen tecnologías para producir frutos de piña libres de residuos de plaguicidas y sin causar daños al ambiente, (Rebolledo *et al.*, 2011); Amador *et al.*, 2002). Una alternativa que permitirá ofertar frutos libres de residuos químicos, es el sistema de producción orgánica, pues contempla en forma holística la utilización de métodos agronómicos, biológicos y mecánicos para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema productivo, a su vez la preservación de los recursos naturales, (Altieri *et al.*, 1995).

La Unión Europea (UE) es el mayor mercado del mundo para piña orgánica, con un consumo que superó las 2,000 toneladas anuales en 2002; en segundo lugar, se encuentran los Estados Unidos de América, con un consumo estimado en 1,000 toneladas. La tendencia, es que la demanda continuará creciendo un 20% anual (CIMS, 2003). En 2014, la superficie dedicada a producir piña orgánica en Costa Rica, principal país exportador del mundo,





alcanzó las 1,281 hectáreas con el híbrido MD-2, un año antes era de 991 hectáreas; con una producción estimada para 2016 y 2017 de 65,000 toneladas (EF, 2015).

El crecimiento, desarrollo, rendimiento y la calidad de la piña, se reduce cuando existe una disminución de agua en el suelo. La cubierta plástica se utiliza con el fin de regular estos efectos (Rebolledo *et al.*, 2002). Estas cubiertas producen un efecto térmico en el suelo, debido a que las cubiertas no porosas anulan el componente de evaporación, transmiten una parte importante de la radiación solar al interior del suelo y suelen elevar así la temperatura. En franjas angostas se debe considerar la disminución de temperatura hacia los extremos, llamada efecto borde. La utilización de cubiertas plásticas supone alterar el balance de radiación, definiendo según el objetivo, un resultado más positivo o más negativo, el cual puede expresarse en mayor o menor temperatura en el suelo (Misle y Norero, 2002).

El acolchado plástico aumenta de manera significativa la humedad del suelo en la capa superficial (0 a 5 cm) en comparación con el suelo desnudo (Zhang *et al.*, 2008); su característica de ser impermeable al vapor de agua, evita la evaporación directa, por lo que favorece la conservación de la humedad del suelo, disminuye el escurrimiento superficial y la erosión del suelo (Turney y Menge, 1994; Jia *et al.*, 2006; Ramakrishna *et al.*, 2006; Zribi *et al.*, 2011). Otra ventaja del acolchado es la disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo, debido a que amortigua los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). Esto proporciona un ambiente ideal para el desarrollo de las raíces, factor esencial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Turney y Menge, 1994; Zribi *et al.*, 2011).

Por otro lado, el acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumula calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y va perdiendo parte del mismo calor durante la noche; esto disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire (Zribi *et al.*, 2011). Munguía *et al.* (2004), observaron en el cultivo de melón con acolchado plástico, que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo. El abono orgánico Bocashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses. Bocashi es una palabra japonesa que significa “materia orgánica fermentada”. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, mejora sus características físicas y supe a las plantas con nutrimentos. La composta tipo Bocashi se elabora con materiales locales, por lo que se pueden hacer variaciones de acuerdo con la materia prima disponible





en la región. Este es una alternativa nutrimental para suelos y plantas ya que es fermentado en un proceso de semidescomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, en condiciones controladas, producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, capaz de fertilizar a las plantas y al mismo tiempo nutrir al suelo (Ramos y Terry, 2014).

El objetivo fue determinar la temperatura y la humedad del suelo, así como el volumen de raíces en piña MD-2 en desarrollo vegetativo bajo nutrición orgánica en suelo con cubierta plástica.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP; ubicado en el municipio de Medellín, Veracruz, a 18°16' LN. y 96°16' LW; a 40 m de altitud. El clima que predomina es Aw₁ (w) cálido sub húmedo. La temperatura media anual es de 25°C con máximas de 37°C y mínimas de 23°C, la precipitación media anual es de 1,200 mm, de los cuales la distribución es aproximadamente del 90% en el periodo junio a noviembre y el resto entre diciembre y enero, con un periodo prácticamente seco de febrero a mayo. El suelo es tipo vertisol pélico de textura migajón-arcillosa, 35% de arena, 42% de arcilla y 23% de limo; con 6.5 de pH, y 2.5% de materia orgánica en el estrato de cero a 30 cm de profundidad (Peralta *et al.*, 2014). Las condiciones de temperatura durante el desarrollo del trabajo se presentan en la Figura 1.

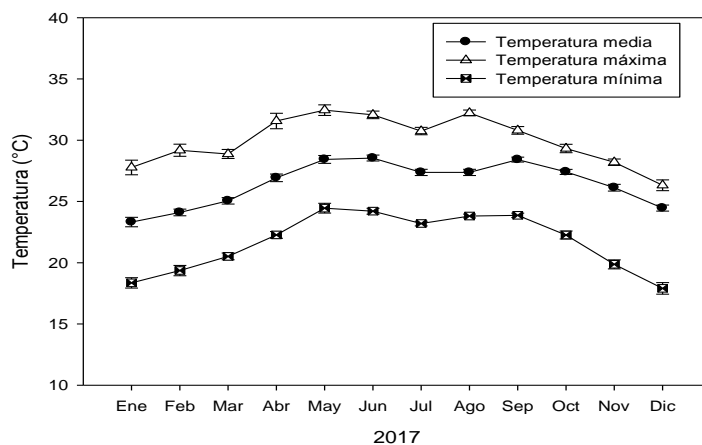


Figura 1. Condiciones de temperatura en el Campo Experimental Cotaxtla durante 2017.





La plantación fue realizada la primera semana de mayo de 2017, con hijuelos o brotes vegetativos denominados “clavos”, del híbrido MD-2, con un peso promedio de 400 gramos. El experimento se estableció a una densidad de 50,000 plantas por hectárea, en arreglo espacial a “tresbolillo” con el sistema de camas meloneras. El tratamiento de inducción floral fue realizado a finales de la primera quincena de diciembre de 2017, utilizando como inductor el carburo de calcio.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo de tratamientos en parcelas divididas: a) parcela grande; suelo desnudo y con cubierta plástica y, b) parcela chica; sin fertilizar (0-0-0), fertilización orgánica y mineral. Para la cobertura de suelo se utilizó plástico negro calibre 150, con lo cual se cubrió el 100% del suelo que correspondió a este tratamiento.

El tratamiento orgánico fue de 15 toneladas por hectárea de bocashi aplicadas al voleo, el cual fue incorporado al suelo con azadón; el mineral fue de 12-8-12 g de nitrógeno, fósforo y potasio por planta, respectivamente, dividido en cuatro aplicaciones usando como fuentes: la urea, el superfosfato de calcio triple y el cloruro de potasio. El testigo no se fertilizó.

Las variables medidas fueron: peso fresco de planta de mayo de 2017 a enero 2018, temperatura sobre la base del suelo y a 5, 10, 20 y 30 cm de profundidad en dos diferentes horas del día: 7:00 am y 2:00 pm; esto fue el 21 de agosto y el 4 de septiembre; humedad de suelo en diciembre, al inicio de la inducción floral; en septiembre se midió la temperatura en la parte abaxial y adaxial de la hoja “D”; así como en la superficie del suelo bajo la sombra que proporcionó la planta y en la parte del suelo sin sombra y sobre el plástico. Durante la diferenciación floral, en enero de 2018, se midió el volumen de las raíces adventicias, sumergiendo las raíces en una probeta con agua anotando el volumen desplazado. Se presentaron lluvias atípicas, del 1 de septiembre al 12 de octubre, de 685 mm (Figura 2). Para el análisis de varianza y figuras se utilizó el programa Sigma Plot versión 11; utilizando el error estándar como estadístico en la separación de grupos de tratamientos.



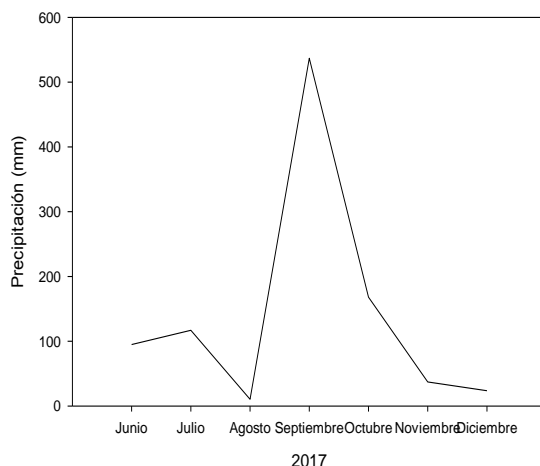


Figura 2. Precipitación ocurrida de mayo a diciembre de 2017 en el Campo Experimental Cotaxtla.

Resultados y discusión

Se midió la temperatura del suelo a diferentes profundidades en dos en horas contrastantes el 4 de agosto: a las 7:00 h y a las 14:00 h. Los resultados indicaron que hubo diferencia de temperatura entre horas; los tratamientos con cubierta plástica revelaron diferencias solamente en las temperaturas ocurridas a las 14:00 h al tener mayor temperatura los tratamientos con cubierta plástica; a medida que se tuvo mayor profundidad de suelo, a los 20 cm, las diferencias entre temperaturas en los dos tiempos fueron menos contrastantes, pero ligeramente superiores las del tratamiento con plástico (Figura 3; \pm error estándar).

La mayor temperatura expresada en el suelo con cubierta plástica pudiera explicar el mayor crecimiento de la planta al tener mejores condiciones en las raíces para lograr una mayor absorción nutrimental, por ser una planta con metabolismo del ácido de las crasuláceas con una mayor adaptación a las altas temperaturas (Figuras 4 y 9, error estándar). Este comportamiento se muestra en la temperatura de la hoja "D" el 21 de agosto, en donde la diferencia de temperatura por la mañana fue muy inferior a las del medio día, pero con la misma tendencia que la temperatura de suelo a diferentes profundidades (Figura 5).

Al respecto, Leal (2007) menciona que el acolchado disminuye las fluctuaciones de temperatura del suelo, debido a que amortigua los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad. Esto proporciona un ambiente ideal para el desarrollo





de las raíces, factor esencial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Turney y Menge, 1994; Zribi *et al.*, 2011). En este contexto, Munguía *et al.* (2004), observaron, en el cultivo de melón con acolchado plástico, que la temperatura media del suelo y del dosel vegetal fueron mayores que en el suelo desnudo. En septiembre se midió la temperatura en la hoja "D", solo se observaron diferencias entre horas del día y entre profundidades; aunque a los 30 cm de profundidad la temperatura fue estadísticamente igual (error estándar, Figura 6); en este muestreo no se aprecian diferencias entre acolchado plástico y suelo desnudo; sin embargo, en la Figura 7 se aprecian diferencias entre la temperatura medida en el haz y en el envés de la hoja "D" en la superficie del suelo y del plástico no sombreado y bajo la sombra y en la superficie del suelo con plástico. El suelo con acolchado plástico mostró mayor contenido humedad (Figura 8) lo que coincide con Zhang *et al.* (2008); y se refuerza con la expresión del ritmo de crecimiento de las plantas y la producción de raíces adventicias al momento de la diferenciación floral (Figuras 4 y 9), en donde las plantas acolchadas con

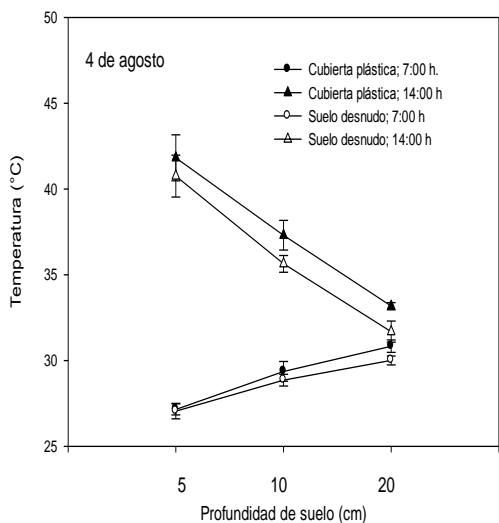


Figura 3. Temperatura a diferentes profundidades del suelo, cultivado con piña con y sin cubierta plástica en diferentes horas del día. Barras representan el error estándar.

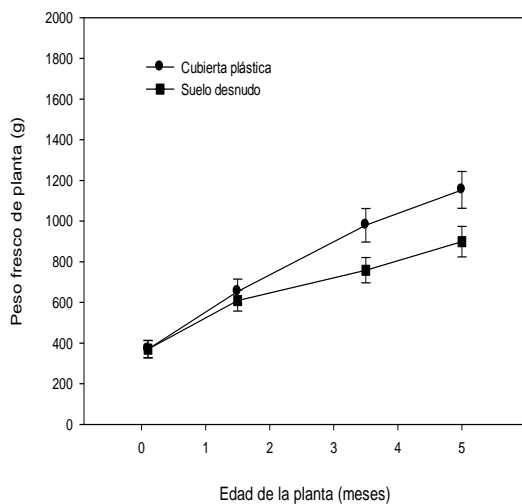


Figura 4. Crecimiento de planta de piña a suelo desnudo y con cubierta plástica en tres niveles de nutrición a la inducción floral. Barras ± el error estándar.



Figura 3. Crecimiento de planta de piña a suelo desnudo y con cubierta plástica en tres niveles de nutrición a la inducción floral. Barras ± el error estándar.

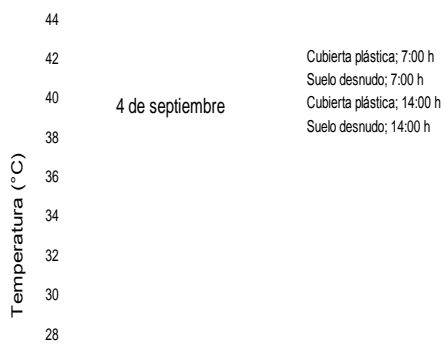


Figura 10. temperatura a diferentes profundidades de suelo con y sin cubierta plástica en diferentes horas del día. Barras representan el error estándar.

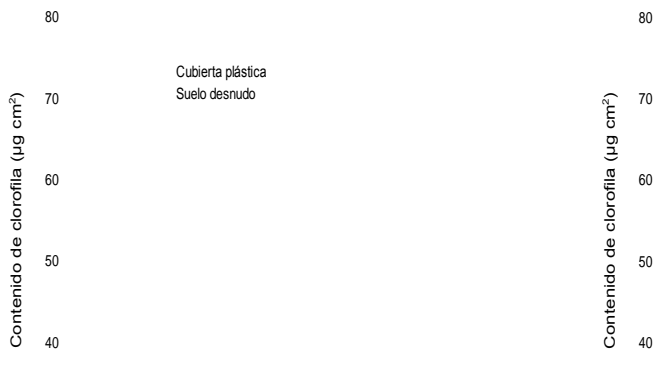


Figura 10. Contenido de clorofila en tres niveles de nutrición a la inducción floral. Barras ± el error estándar.

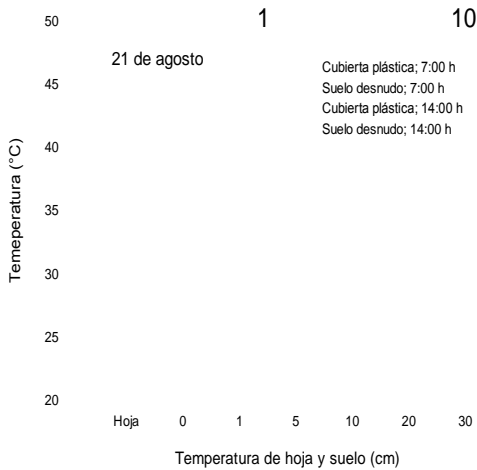
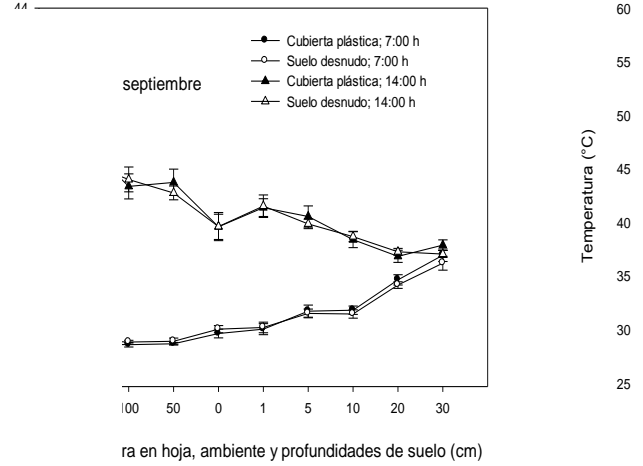


Figura 11. Temperatura en hojas y diferentes profundidades de suelo cultivado con piña con y sin cubierta plástica. Barras \pm el error estándar.

Figura 10. temperatura a diferentes profundidades de suelo cultivado con piña con y sin cubierta plástica en diferentes horas del día. Barras \pm el error estándar.



temperatura en hoja de piña, ambiente a 1m y 0.05m de suelo con y sin cubierta plástica. Barras representan el error estándar.

Figura 13. te... en la superf... con plástico... plástica. La... se hizo sobr... al suelo. Bar...

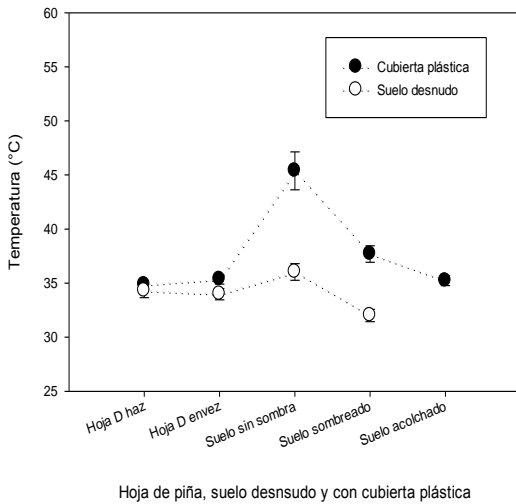


Figura 7. Temperatura axial y abaxial en la hoja "D" de piña. Barras representan el error estándar.

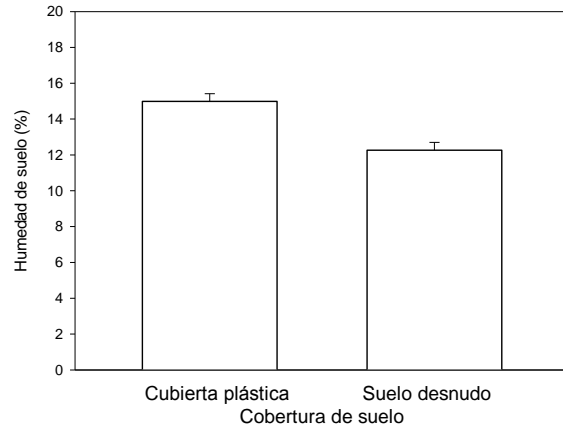


Figura 8. Humedad de suelo con y sin cubierta plástica en el cultivo de piña. Barras representan el error estándar.

Figura 17. Humedad de suelo con y sin cubierta plástica en el cultivo de piña. Barras, error estándar.

ta plástica; 7:00 h.
ta plástica; 14:00 h
desnudo; 7:00 h
desnudo; 14:00 h

20
cm)

ndades de suelo
ca en diferentes

plástica; 7:00 h
nudo; 7:00 h
plástica; 14:00 h
nudo; 14:00 h

10 20 30

dades de suelo (cm)

mbiental a 1m y 0.05m
n y sin cubierta plástica.

Figura 10. temperatura axial y abaxial en la hoja "D" de piña en la superficie del suelo sombreado, son luz directa y cubierto con plástico en cultivo piña. Suelo desnudo, se hizo sobre plástico. La medición en el tratamiento con cubierta plástica se hizo sobre el plástico y en suelo acolchado directamente al suelo. Barras \pm el error estándar.



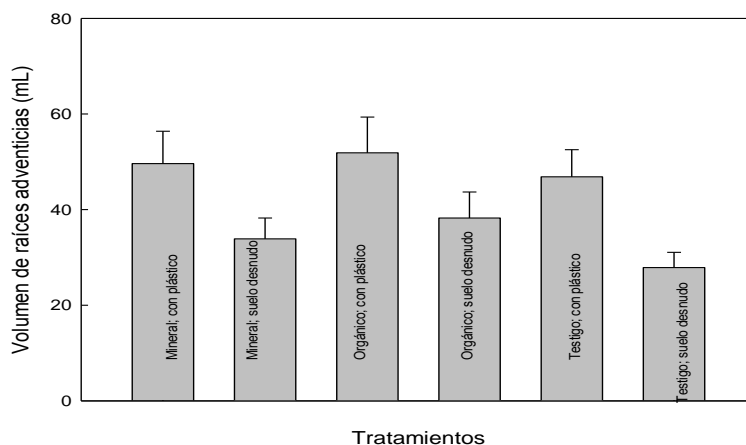


Figura 9. Volumen de raíces de piña en diferentes tratamientos con cubierta plástica y nutrición orgánica. Barras representan el error estándar.

CONCLUSIONES

1. La práctica de la cubierta del suelo con plástico es una buena alternativa para la nutrición orgánica al proporcionar mejores condiciones de humedad de suelo y temperatura para el desarrollo de las plantas de piña. 2. Los tratamientos con acolchado plástico, tuvieron mayor volumen de raíces adventicias que los establecidos en suelo desnudo.

LITERATURA CITADA

- Altieri, S. M. A., J. G. Farrell, S. B. Hecht, M. Liebman, F. Magdoff, B. Murphy *et al.* 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. 2a ed. Westview Press. Boulder, CO, USA. 433 p.
- Amador, M., P. Cussianovich y T. Saravi. 2002. Aproximación de la oferta centroamericana de productos orgánicos y situación de los mercados: regional. IICA. Agencia San José, Costa Rica. 36 p.



- CIMS (Centro de Inteligencia sobre Mercados Sostenibles). 2003. Guía latinoamericana de productores y exportadores de frutas tropicales sostenibles. Perfil de mercado de piña sostenible. <http://www.cims-la.com>. Costa Rica.
- CIMS (Centro de Inteligencia sobre Mercados Sostenibles). 2004. Perfil comercial de piña. San José, Costa Rica. En: <http://www.cims-la.com>. [consultado el 10 de julio de 2005].
- EF (El Financiero de Costa Rica). 2015. <http://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/produccion-organica-pina-0-725327486.html>
- Fletcher, R. J. 1997. Listing of potential new crops for Australia including numbers of publications world-wide. The University of Queensland Gatton. 553 p.
- Jia Y., F. M. Li, X. L. Wang and S. M. Yang. 2006. Soil water and alfalfa yields as affected by alternating ridges and furrows in rainfall harvest in a semiarid environment. *Field Crops Res.* 97:167-175.
- Leal, G. R. 2007. Influence of reflective mulch on pinot noir grape and wine quality. Tesis de maestría. Lincoln University. New Zealand.
- Misle, A. E. y A. Norero S. 2002. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas II. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades. *Agricultura Técnica* 62(1):14.
- Munguía, J., A. Zermeño, R. Quezada, M. L. de la Rosa y A. Torres. 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 73:181.
- Peralta A. N., A. Rebolledo M., A. Becerril R. y D. Jaen C. 2014. Response to organic fertilization in cultivars: Manila, Tommy Atkins and Ataulfo. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 14(3):688-700.
- Ramakrishna, A., H. M. Tam, S. P. Wani and T. D. Long. 2006. Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Res.* 95:115-125.
- Ramos, A. D. y E. Terry A. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* 35(4):12.





- Rebolledo, M. A., D. Uriza A., L. Rebolledo M. y R. Zetina L. 2011. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. 304 p.
- Rebolledo, M. A., L. del M. Ruiz P., A. E. Becerril R., R. Mosqueda V., A. Castillo M., L. Rebolledo M. *et al.* 2002. Algunas características fisiológicas de tres cultivares de piña en dos sistemas de producción. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(2):235-240.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. [consultado en noviembre de 2015].
- Turney, J. and J. Menge. 1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Commission and Citrus Research Board. 8 p.
- Zhang, Q. T., M. Inoue, K. Inosako, M. Irshad, K. Kondo G. Y. Qui *et al.* 2008. Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food. Agric. Environ.* 3-4:480-485.
- Zribi, W., J. M. Faci y R. Aragüés. 2011. Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información Técnica Económica Agraria* 107(2):148-162.





COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y AGRONÓMICO DE LA VARIEDAD DE FRIJOL FRAILESCANO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE CHIAPAS

Bernardo Villar Sánchez^{102*}, Oscar Hugo Tosquy Valle¹⁰³, Francisco Javier Ibarra Pérez¹⁰³, Ernesto López Salinas¹⁰³ y Francisco Javier Cruz Chávez¹⁰²

Resumen

En Chiapas, México, el cultivo de frijol es afectado por diversos factores, entre los que destacan: la incidencia de enfermedades, la siembra de frijol en suelos ácidos y el uso de variedades criollas de bajo rendimiento y susceptibles a enfermedades. El Programa de Frijol del INIFAP en Chiapas, generó la variedad denominada Frailescano, para las áreas tropicales de dicha entidad. El objetivo del trabajo es dar a conocer su comportamiento productivo, tolerancia a enfermedades y adaptación a suelos ácidos en las áreas tropicales de Chiapas. Durante 2011 y 2012, la línea SCN 6 liberada como Frailescano se comparó con las variedades Negro Papaloapan y Negro Comapa, a través de un ensayo regional de rendimiento que se condujo en ocho ambientes de Chiapas, bajo temporal, humedad residual y riego. En 2012, en Emiliano Zapata, municipio de Villacorzo, Chis., se evaluó la reacción de Frailescano al virus del mosaico amarillo dorado del frijol (BGYMV) y en la misma localidad se comparó el rendimiento de esta variedad con el Criollo Veracruzano, en condiciones de suelo ácido, sin y con aplicación de 1 t/ha de cal agrícola. De 2014 a 2016, en el centro de Chiapas, Frailescano se validó en terrenos de agricultores, junto con el criollo Vaina Negra, bajo condiciones de riego y humedad residual. De acuerdo a los resultados experimentales, en las tres condiciones de humedad, Frailescano superó en rendimiento a Negro Papaloapan y Negro Comapa. El rendimiento promedio general de Frailescano fue de 1,150 kg/ha, superior en 13.5 y 18.7%, al obtenido por estas variedades, respectivamente. En Emiliano Zapata, Frailescano mostró 12% de incidencia del BGYMV, en tanto que, Negro Papaloapan y Negro Comapa presentaron incidencias de 40 y 22%. Con y sin aplicación de cal agrícola, Frailescano superó en más de 96% el rendimiento del Criollo Veracruzano y mostró menor

¹⁰²Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. *villar.bernardo@inifap.gob.mx.

¹⁰³Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP.





reducción de rendimiento, debido al estrés por suelo ácido. En parcelas de validación, tanto con riego, como con humedad residual, Frailescano superó en rendimiento al criollo Vaina Negra. El rendimiento promedio general de Frailescano fue de 1438 kg/ha, 51% superior al obtenido por el criollo regional.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., cultivar, rendimiento, enfermedades, suelo ácido

Introducción

En el sureste de México, el estado de Chiapas ocupa el primer lugar en superficie cultivada con frijol, la cual durante 2016 fue de 115,775 ha, de las que se produjeron 68,298 t de grano (SIAP, 2018); sin embargo, su rendimiento promedio es bajo (538 kg/ha), debido principalmente a que el cultivo es afectado por diversos factores (técnicos, bióticos y abióticos), entre los que destacan: la alta incidencia y severidad de enfermedades, la siembra de frijol en suelos de baja fertilidad y ácidos (Zetina *et al.*, 2002; López *et al.*, 2006) y el uso de variedades criollas susceptibles a enfermedades, algunas de las cuales, han incrementado su incidencia y grado de severidad por efecto del cambio climático, como lo es el virus del mosaico amarillo dorado del frijol (BGYMV) (Villar *et al.*, 2013).

Una alternativa viable para mitigar la problemática señalada, es desarrollar variedades mejoradas de alto potencial de rendimiento y con tolerancia a los principales factores limitantes (Rosas *et al.*, 2003). El Programa de Frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en Chiapas, ha desarrollado variedades de frijol negro opaco con características agronómicas superiores, las cuales algunas de ellas están siendo utilizadas por los productores (Villar *et al.*, 1993; 2003; 2010).

En 2013 se generó la variedad de frijol denominada Frailescano, para las áreas tropicales del estado de Chiapas y regiones con condiciones similares en el sureste de México (Villar *et al.*, 2013). Esta variedad es de plantas arbustivas y erectas, tipo II (Singh, 1982), con una altura promedio de 49.8 cm y de ciclo precoz (su floración ocurre a los 38 días después de la siembra y llega a la madurez fisiológica a los 70 días), lo que le permite mitigar los efectos del cambio climático que han provocado en dicha entidad, atraso en la fecha de siembra en





el ciclo de verano bajo temporal, así como escapar de la sequía terminal, que comúnmente ocurre en las siembras de humedad residual del ciclo otoño-invierno (López *et al.*, 2002).

La variedad Frailescano se originó de la cruce triple (NCB 228 / RCB 224) F₁ // SXB 244, realizada en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Cali, Colombia en 2003. La línea de la cual se generó esta variedad, se introdujo a México en 2009 con el código SCN 6 y un año después al estado de Chiapas, en donde se evaluó en diferentes ambientes. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer su comportamiento productivo, tolerancia a enfermedades y adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad en las áreas tropicales de dicha entidad.

Materiales y métodos

Durante los años 2011 y 2012, la variedad Frailescano se comparó con las variedades comerciales Negro Papaloapan y Negro Comapa, a través de un ensayo uniforme regional de rendimiento, que se condujo en ocho ambientes del estado de Chiapas, bajo condiciones de temporal, humedad residual y riego. El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcelas de dos surcos de 5 m de longitud, espaciados a 0.60 m. Se determinó el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea y se obtuvo el porcentaje de incremento de la variedad Frailescano, con respecto al de los testigos comerciales.

En la localidad de Emiliano Zapata, municipio de Villacorzo, Chis., durante el ciclo de verano de 2012, bajo condiciones de temporal, se determinó la reacción de Frailescano, junto con los mismos testigos comerciales, al BGYMV, enfermedad que se presentó de manera natural en dicha localidad, la cual puede provocar pérdidas significativas en el rendimiento de grano, principalmente cuando se presenta durante la etapa vegetativa del cultivo (López *et al.*, 2003; Tosquy *et al.*, 2012; Villar *et al.*, 2017). Para lo anterior, en cada genotipo se obtuvo el porcentaje de incidencia de la enfermedad a los 20, 28 y 35 días después de la siembra.

Durante 2012, en la misma localidad, la variedad Frailescano, se evaluó junto con el Criollo Veracruzano, en un suelo ácido con pH de 4.0 y saturación de aluminio de 20%, con y sin aplicación de 1 t/ha de cal agrícola. En ambas condiciones de manejo de suelo se determinó





el rendimiento de grano en kilogramos por hectárea y se obtuvo el porcentaje de incremento de dicha variedad, con respecto al testigo regional.

De 2014 a 2016, Frailescano se validó en terrenos de agricultores, en cinco ambientes pertenecientes a tres municipios del estado de Chiapas. Dos parcelas se condujeron bajo condiciones de riego rodado y tres con la humedad residual almacenada en el suelo y las lluvias que ocurrieron durante el ciclo del cultivo. En ambas condiciones de humedad, se comparó el rendimiento de grano de la variedad Frailescano, con el obtenido por la variedad criolla Vaina Negra, ampliamente utilizada en el estado de Chiapas.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra que, en la mayoría de los casos, la variedad Frailescano superó en rendimiento a los dos testigos comerciales. En condiciones de temporal, Frailescano superó en 17 y 28.4% el rendimiento de Negro Papaloapan y Negro Comapa, respectivamente. Con humedad residual, los porcentajes de superioridad de Frailescano con respecto a estas mismas variedades fueron de 10.5 y 15.3% y cuando se utilizó riego de 15.8 y 13.2%, respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg/ha) de Frailescano y dos variedades comerciales de frijol negro en ensayo uniforme conducido bajo tres condiciones de humedad en el centro de Chiapas.

Condición de humedad/Localidad	Ciclo/Año	Frailescano	Negro Papaloapan	Negro Comapa
Temporal				
Ocozocoautla-1	Verano 2012	1567	1326	1324
Ocozocoautla-2	Verano 2012	508	312	335
Emiliano Zapata	Verano 2012	813	830	591
Promedio		963	823	750
Incremento respecto a testigos (%)			17.0	28.4
Humedad residual				
Ocozocoautla	O-I 2011	1760	1939	1776
Ocozocoautla-1	O-I 2012	699	558	459
Ocozocoautla-2	O-I 2012	765	317	514





Continúa Cuadro 1...

Condición de humedad/Localidad	Ciclo/Año	Frailescano	Negro Papaloapan	Negro Comapa
La Unión	O-I 2012	1260	1243	1138
Promedio		1121	1014	972
Incremento respecto a testigos (%)			10.5	15.3
Riego				
Ocozocoautla	I-P 2012	1828	1578	1614
Incremento respecto a testigos (%)			15.8	13.2

V = Verano. OI = Otoño-invierno. IP = Invierno-primavera.

El rendimiento promedio general de Frailescano fue de 1,150 kg/ha, superior en 13.5 y 18.7%, al obtenido por las variedades Negro Papaloapan y Negro Comapa, respectivamente. Estos resultados indican que, en el centro del estado de Chiapas, Frailescano tiene mayor potencial de rendimiento y adaptación que estas dos variedades comerciales desarrolladas por el Programa de Frijol del INIFAP para el sureste de México (López *et al.*, 2007; 2012). Sin embargo, como no es adecuado depender de una sola variedad, Negro Papaloapan se puede seguir utilizando en temporal y humedad residual, mientras que Negro Comapa en riego.

Reacción al BGYMV

En la Figura 1 se muestra que, la variedad Frailescano mostró síntomas de la enfermedad hasta los 35 días después de la siembra, con un porcentaje de incidencia de 12%, menor al manifestado por las variedades Negro Papaloapan y Negro Comapa en las tres fechas de evaluación. Por lo anterior, en áreas con alta incidencia de mosquita blanca (*Bemisia sp.*), vector del BGYMV, Frailescano es mejor alternativa de siembra que las variedades testigo.



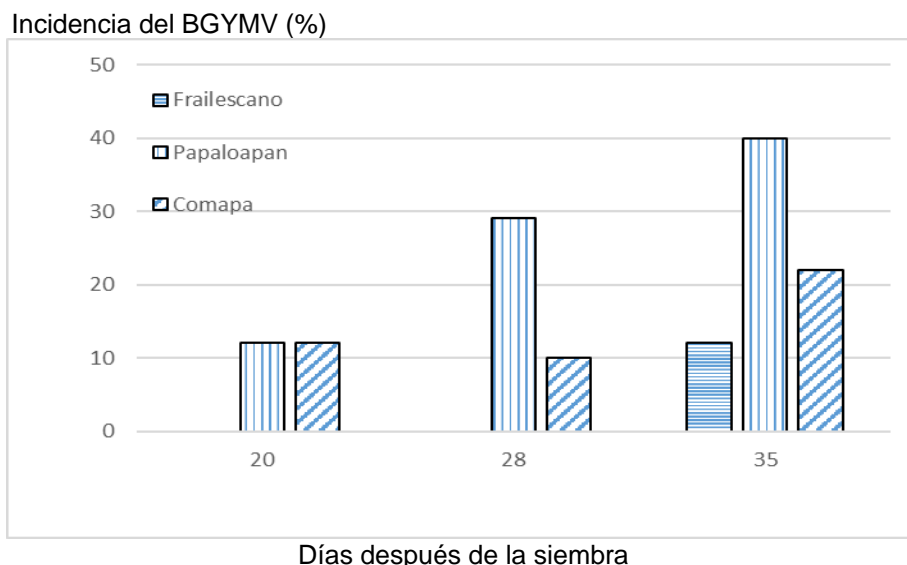


Figura 1. Porcentaje de incidencia del virus del mosaico amarillo dorado del frijol (BGYMV) en tres variedades de frijol y tres fechas de evaluación en siembra bajo temporal, 2012.

Adaptación a suelo ácido

Tanto en condiciones naturales de estrés por suelo ácido, como con aplicación de cal agrícola, Frailescano superó en 96% el rendimiento del Criollo Veracruzano. Frailescano tuvo menor reducción de rendimiento, debido al estrés por suelo ácido en el tratamiento no encalado (Cuadro 2). Estos resultados indican, que esta variedad tiene mayor potencial de rendimiento y adaptación a suelos ácidos en comparación con el Criollo Veracruzano, variedad comúnmente utilizada en el centro del estado de Chiapas (Villar *et al.*, 2013). En general, el incremento en el rendimiento por efecto de la aplicación de cal agrícola fue de 17.04%. En estudios anteriores en suelos ácidos se han reportado mayores porcentajes de incremento del rendimiento con la aplicación de cal en localidades de Veracruz y Chiapas (Villar *et al.*, 2003; López *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Rendimiento de grano (kg/ha) de Frailescano y el Criollo Veracruzano en un suelo ácido, con y sin la aplicación de cal agrícola en el centro de Chiapas.

Variedad	Condición de suelo		Decremento (%)
	1 t/ha de cal	Sin cal	
Frailescano	1000.5	861.7	13.87
Criollo Veracruzano	509.0	428.0	15.91
Incremento con respecto al testigo (%)	96.6	101.3	
Promedio (kg/ha)	754.7	644.8	14.56



Validación de Frailescano

Tanto en condiciones de riego, como de humedad residual, la variedad Frailescano superó en rendimiento al criollo Vaina Negra. Cabe indicar que, en la localidad de Alfonso Moguel en otoño-invierno de 2016, hubo sequía severa durante el ciclo del cultivo; bajo estas condiciones adversas de humedad, Frailescano obtuvo 58% más de rendimiento de grano que el criollo regional. El rendimiento promedio general de Frailescano fue de 1438 kg/ha, 51% superior al obtenido por el criollo regional (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos en este estudio, permiten confirmar la mejor adaptación y el mayor potencial de rendimiento mostrado por la variedad Frailescano en las etapas experimental y de validación, en comparación, tanto con variedades mejoradas, como con los genotipos criollos comúnmente utilizados en el estado de Chiapas. Frailescano fue registrada en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), con número definitivo: FRI-088-060314, para su uso comercial.

Cuadro 3. Rendimiento de grano (t/ha) de dos variedades de frijol en parcelas de validación en cinco ambientes de Chiapas.

Localidad/municipio	Ciclo y año	Ambiente de producción	Frailescano	Vaina Negra	Diferencia ¹ (%)
Jiquipilas, Jiquipilas	OI-2014	Riego	2900	1800	61.1
Independencia, Jiquipilas	IP-2014	Riego	1600	950	68.4
Espinal de Morelos, Ocozocoautla	OI-2014	HR	850	750	13.3
Alfonso Moguel, Ocozocoautla	OI-2014	HR	1350	950	42.1
Alfonso Moguel, Ocozocoautla	OI-2016	HR	490	310	58.1
Promedio			1438	952	51.1

OI = Otoño-invierno. IP = Invierno-primavera. HR = Humedad residual. ¹Diferencia a favor de la variedad Frailescano.

Conclusiones

1. La variedad Frailescano obtuvo un rendimiento promedio en condiciones de temporal, humedad residual y riego en el centro de Chiapas de 1,150 kg/ha, superior en 13.5 y 18.7%





al de las variedades Negro Papaloapan y Negro Comapa, respectivamente. 2. Frailescano también mostró mayor resistencia al virus del mosaico amarillo dorado del frijol, que las dos variedades comerciales, así como mejor adaptación que el Criollo Veracruzano, a condiciones de suelo ácido del estado de Chiapas.

Literatura citada

- López, S. E., J. A. Acosta G., J. Cumplan G., O. Cano R., B. Villar S. y E. N. Becerra L. 2002. Adaptación de genotipos de frijol común en la región tropical húmeda de México. *Agric. Téc. Méx.* 28(1):35-42.
- 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.* 29:33-39.
- López, E., O. H. Tosquy, B. Villar, E. N. Becerra y F. J. Ugalde. 2003. Adaptación, resistencia múltiple a enfermedades y tolerancia a suelos ácidos en genotipos de frijol. *Agron. Mesoam.* 14(2):151-155.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., B. Villar S., J. Cumpián G., F. J. Ugalde A. y E. N. Becerra L. 2007. Negro Papaloapan, nuevo cultivar de frijol para las áreas tropicales de México. *Agric. Téc. Méx.* 33(3):257-267.
- López, S. E., O. H. Tosquy V., Y. Jiménez H., R. A. Salinas P., B. Villar S. y J. A. Acosta G. 2012. Rendimiento y adaptación de la variedad de frijol 'Negro Comapa' en dos regiones de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):309-315.
- Rosas, S. J. C., J. C. Hernández and R. Araya. 2003. Registration of Bribri's small red bean (race Mesoamerica). *Crop Sci.* 43(1):430-431.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Avances de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. SAGARPA. SIAP. Ciudad de México, México. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do [consultado el 30 de abril de 2018].
- Singh, S. P. 1982. A key for identification of different growth habits of *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 25:92-95.





- 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. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(4):727-737.
- Villar, S. B., O. H. Tosquy-Valle y E. López-Salinas. 2017. Rendimiento y adaptación de la variedad de frijol Rojo INIFAP (*Phaseolus vulgaris* L.) en Chiapas, México. *Agroproductividad* 10(9):64-70.
- Villar, S. B. y E. López S. 1993. Negro INIFAP: nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones tropicales similares. *Rev. Fitotec. Mex.* 16(2):208-209.
- Villar, S. B. y E. López S. 2003. Negro Grijalva. Nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones similares. Folleto Técnico Núm. 2. SAGARPA. INIFAP. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 22 p.
- Villar, S. B., E. López S., O. H. Tosquy V., F. J. Cruz C. y J. A. Acosta G. 2013. Frailescano. Nueva variedad de frijol para el estado de Chiapas y regiones bajo condiciones similares. Folleto Técnico Núm. 18. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chis., México. 25 p.
- Villar, S. B., E. López S., O. H. Tosquy V. y F. J. Ugalde A. 2010. Rojo INIFAP, nueva variedad de frijol de grano rojo para el trópico de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(5):681-686.
- Zetina, L. R., L. Pastrana A., J. Romero M. y J. A. Jiménez C. 2002. Manejo de suelos ácidos para la región tropical húmeda de México. Libro Técnico Núm. 10. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campos Experimentales de Papaloapan y Huimanguillo. México. 170 p.





RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CAFÉ COSTA RICA-95 BAJO EL SOMBREADO DE OCHO ESPECIES ARBÓREAS

Rosalío López Morgado^{104*}, Luis Eduardo García Mayoral¹⁰⁴ y Rafael Alberto Guajardo Panes¹⁰⁴

Resumen

La cosecha de café cereza, por unidad de superficie, al término de un ciclo de cultivo, en el cafetal bajo sombra, es el resultado de una interacción multifactorial, entre los cuales es determinante el factor varietal, la aptitud productiva del ambiente local y el manejo de la plantación de café bajo sombra. El cafetal bajo sombra es un ejemplo de las bondades ecológicas y productivas de los sistemas biodiversos que implica la agroforestería, que de manera generalizada es un sistema de manejo de la agricultura donde se combinan especies arbóreas con las plantas cultivadas, en forma simultánea o secuencial, temporal y espacialmente. Sin embargo, el escenario actual de baja rentabilidad de la cafecultura mexicana, por la caída en productividad a causa de la severidad de la roya del cafeto, hace de interés estudiar el comportamiento del rendimiento de café cereza con variedades resistentes a roya, mediante su cultivo bajo sistemas agroforestales a base de árboles de especies locales, conocidos por los productores por sus atributos de sombreado al café y otros caracteres forestales. En el presente artículo se exponen los resultados de un trabajo experimental de producción de café bajo sistemas agroforestales (SAF-Café), con registro de cinco ciclos de cosecha de las variables de producción de café y la sombra proyectada por los árboles en el ciclo intermedio. Las especies contempladas son: bienvenido (*Tapirira mexicana*), Chalahuite (*Inga* sp.), grevilea (*Grevillea robusta*) (especie introducida), nogal (*Juglans pyriformis*), pino (*Pinus chiapensis*), primavera (*Tabebuia donnell-smithii*), roble (*Tabebuia rosae*), y xochicuahuatl (*Trema micrantha*) (tratamiento testigo). El experimento fue establecido en bloques al azar con tres repeticiones. La variedad de café utilizada fue Costa Rica-95. Contrario a lo esperado, bajo el sombreado de las especies *T. donnell-smithii*, *T.*

¹⁰⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *lopez.rosalio@inifap.gob.mx





rosae, *T. mexicana* y *J. pyriformis* se obtuvieron los más altos rendimientos de café cereza o café en fruto.

Palabras clave: forestales maderables, estrato de sombreado, ciclos de cultivo, diseño experimental

Introducción

Las variedades de café cultivadas en el continente americano han evidenciado una estrecha cercanía genética, debido a su origen limitado al Subgrupo Typica y al Subgrupo Bourbon (Zamarripa *et al.*, 2013). En México, las variedades de café que actualmente se cultivan derivan de estos dos subgrupos, predominando la variedad Typica con un 42%, seguida de las variedades Bourbon y Caturra rojo con el 22 y 16%, de manera respectiva; en un segundo grupo se encuentran las variedades Mundo Novo y Garnica, con el 8 y 7 % de participación respectivamente y el restante 5% que contempla genotipos diversos entre los que destacan los catimores con variedades como Colombia, Oro Azteca y Costa Rica-95 (SAGARPA, 2011).

Las variedades resistentes a roya derivan de los “grupos genéticos” Catimores y Sarchimores, producto de los cruzamientos entre el Híbrido de Timor, una variedad arábica que entraña genes de resistencia de *C. canephora*, y las variedades arábicas puras Caturra y Villa Sarchí (WCR, 2017); el uso de estas variedades puede permitir 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).

La variedad Costa Rica-95 es un catimor resultado de la hibridación artificial; Caturra Rojo x Híbrido de Timor, realizada por el CIFC en 1959. Su formación fue bajo un proceso de selección genealógica a partir de poblaciones dentro de la serie T8660; después se realizó la selección de los mejores individuos que conformaron las líneas más sobresalientes, para posteriormente evaluarse en diversas regiones cafetaleras de Costa Rica (Aguilar, 1995).





Esta variedad presenta rendimientos altos, frutos de color rojo y buenas características de grano, adaptándose bien en altitudes de 600 a 1200 m (WCR, 2017), es de porte bajo, vigorosa, de brotes color bronceado oscuro y heredabilidad alta al porte de bandolas cortas; es de maduración temprana a intermedia y expresa una marcada bienalidad en la producción (Zamarripa *et al.*, 2013). Por otro lado, aunque presenta rendimientos altos y otras características deseables, se ha generado una polémica en torno a la calidad organoléptica de esta variedad (Zamarripa y Escamilla, 2002; WCR, 2017).

En cuanto al estrato para sombra, la mayoría de los sistemas de manejo de café tienen como atributo común la presencia de árboles. Esta forma de uso de la tierra, se conoce como agroforestería (Krishnamurthy y Uribe, 2002). Es necesario sustentar experimentalmente las bondades de la agroforestería en la producción de café (Muschler, 2000). Hasta ahora, los cafetales bajo sombra reflejan una agroforestería incipiente fundamentada en saberes campesinos (Budowski, 1993), donde el conocimiento que los productores tienen sobre el manejo silvícola del estrato arbóreo de sombreado, es aún deficiente (Muschler, 2000). Los cafetales que tienen aproximadamente 50% de sombra, en comparación con los que están a pleno sol; producen menos café, pero requieren menos inversión (Faminow y Ariza, 2001), y podrían potencialmente producir cafés diferenciados (Muschler, 2001).

En aspectos ambientales, las plantaciones de café bajo sombra son importantes en la conservación de la diversidad biológica, debido a que ciertos sistemas de producción de café conservan en buena medida la estructura y funcionamiento de la vegetación boscosa (Moguel y Toledo 2004; Schroth *et al.*, 2004); es decir, el agroecosistema café desempeña un papel importante como refugio para la vida silvestre (Richter *et al.*, 2007; Toledo y Moguel, 2012), la infiltración de agua y conservación del suelo (Soto-Pinto *et al.*, 2001). Además, favorece la captura de carbono (Pineda-López *et al.*, 2005; Roncal-García *et al.*, 2008), y suscita servicios ambientales que aún no han sido valorados (Bishop y Landell-Mills, 2003). De igual forma, permiten cosechas adyacentes al café cereza, provenientes de especies asociadas al cafetal, que contribuyen en la economía de los productores (Toledo y Moguel, 2012).

Los sistemas agroforestales de café (SAF-Café) también posibilitan altos niveles de fructificación, si se mantienen óptimos los niveles de sombra (Farfán y Sánchez, 2016). Por lo cual es necesario que el estrato arbóreo esté compuesto por especies forestales locales,





las cuales son, fenológicamente, mejor conocidas por los cafecultores (López *et al.*, 2013b); sin embargo, la escasa disponibilidad de material de plantación e información técnica, dificulta el establecimiento de especies nativas en el estrato de sombreado de los cafetales (Benítez *et al.*, 2004). Por ejemplo, en Costa Rica, casos de cafetales diversificados productivamente en su estrato alto, a base de árboles frutales y maderables, cuentan con poca información técnica sobre su potencial de uso (Bonilla y Moya, 2014).

De acuerdo con lo anterior, diversificar el componente “árboles de sombra”, mediante el uso de especies nativas que den un buen sombreado al cafetal y tengan valor comercial por sus productos maderables (Quintanar, 2010) es una de las alternativas técnicas para tener rentabilidad en las fincas, sin dejar de considerar a los cafetales como sitios de conservación de especies locales, refugio de aves migratorias y espacios de belleza escénica (Faminow y Ariza, 2001). Por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar las interacciones favorables entre especies arbóreas, nativas e introducidas y su interacción con la variedad de café cultivada.

Materiales y métodos

Este trabajo se estableció en 2009-2010 y 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 experimento se implementó bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones y ocho tratamientos, análogos estos a las ocho especies arbóreas de sombreado (Cuadro 1). La parcela total estuvo compuesta por 15 árboles y 160 cafetos, mientras que la parcela útil la comprendieron los tres árboles centrales y 48 cafetos con la influencia total de cada tipo de sombra. El arreglo espacial entre árboles fue de 6 x 6 m (277 árboles/ha) y entre cafetos de 2 m entre surcos y 1.5 m entre cafetos (3,330 plantas/ha).





Cuadro 1. Algunas características de las especies arbóreas que conformaron los tratamientos en el experimento.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Estatus	Usos
Primavera	<i>Tabebuia donneelsmitii</i> Rose	Bignoniaceae	Nativa	Madera valiosa usada para muebles y chapa y leña.
Roble	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoniaceae	Nativa.	Construcción de viviendas, tablas y mangos de herramienta.
Grevillea	<i>Grevillea robusta</i> (A. Cunn).	Proteaceae	Introducida	Cortinas rompe vientos
Pino	<i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen	Pinaceae	Endémica de México y Guatemala	Uso maderable, elaborar de muebles rústicos y domésticos
Cacao	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Anacardiaceae	Endémica de México, habita en Veracruz, Chiapas y Oaxaca	La madera se emplea para la construcción y como combustible
Nogal	<i>Juglans pyriformis</i> Liebm.	Juglandaceae	Endémica de México, habita en Hidalgo, y Veracruz.	Elaboración de instrumentos musicales.
Chalahuite	<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	Nativa	Sombra de café y cerco vivo
Xochicuauhitl	<i>Cordia alliodora</i> (Ruíz & Pavón) Oken	Boraginaceae	Nativa	Usado en sistemas agroforestales de café y para establecer cortinas rompevientos,

Fuente: Cordero *et al.* (2003); Benítez *et al.* (2004); Niembro *et al.* (2010).

El trabajo experimental está basado en los principios y fundamentos de un sistema agroforestal de café (Farfán, 2016), las variables cuantificadas fueron: porcentaje de sombra proyectada por las diferentes especies arbóreas de sombreado y el rendimiento de café cereza producido por el cafetal (Costa Rica-95). El modelo experimental con que fueron analizados los datos de registro de rendimiento, fue de bloques al azar con tres repeticiones, bajo un diseño de “análisis seriado de experimentos” con lo cual se posibilitó involucrar en las fuentes de variación los cinco ciclos de cosecha; generándose un Error “A” para ciclos y un Error “B” para los tratamientos y su interacción con los ciclos, proceso pertinente en casos con mediciones repetidas. La fase de registro de datos sobre producción de café inició con la cosecha del café cereza maduro de cada parcela útil. Después de pesar la producción de café cereza por superficie de parcela útil, los datos fueron ajustados a toneladas por hectárea. El análisis de varianza combinado para tratamientos en bloques con varios ciclos





de registros, se hizo a través de la versión del SAS 9.3, para la variable rendimiento de café cereza.

Para calcular el porcentaje de sombra proyectada por cada especie arbórea se utilizaron dos métodos diferentes: la estimación del área de copa y el uso de un densitómetro esférico. El primero consiste en medir con cinta métrica el eje mayor y menor de la copa del árbol en metros (García *et al.*, 2015), para calcular posteriormente su área mediante la fórmula de una elipse ($A = \pi a b$) donde: $a = \text{eje mayor}/2$ y $b = \text{eje menor}/2$. El segundo consiste en un instrumento con un espejo hemisférico convexo que presenta una retícula de 24 cuadros, con el cual se toman lecturas en las cuatro posiciones cardinales dentro del sitio de muestreo (Newton, 2007; Farfán, 2014). Con los datos de rendimiento y el porcentaje de sombra estimada en el ciclo 2014-2015 se realizaron pruebas estadísticas para determinar la posible correlación entre las dos variables.

Resultados y discusión

En el análisis de varianza se muestra que hubo diferencia estadística altamente significativa tanto entre ciclos y especies de sombreado, como en la interacción ciclo por especie (Cuadro 2), lo cual se explica por la bienalidad del cultivo, donde un año los fotosintatos son dirigidos por la planta a una abundante carga de frutos y una reducción en la formación de yemas de floración, mientras que al año siguiente con una carga baja en frutos, las reservas energéticas de la planta se dirigen a una mayor floración y carga de frutos (Arcila, 2007). Asimismo, la literatura documenta una bienalidad bastante acentuada para la variedad de café Costa Rica-95 (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 árboles de sombra				
	G. L.	S. C.	C. M.	Valor de "F"	Pr > F
Ciclos de cosecha	4	1947.16	486.79	15.93**	0.0002
Error "A" [repetición (ciclo)]	10	305.51	30.55		
Tratamiento	7	640.58	91.51	11.68**	<0.0001
Tratamiento x Ciclo	28	441.30	15.76	2.01**	0.0097
Error "B"	70	548.22	7.83		





La sombra de *P. chiapensis* fue la que produjo menor rendimiento de café cereza a lo largo de los cinco ciclos de cosecha. Esto conlleva a hacer más estudios de su asociación con el cafetal, ya que, si bien genera abundante materia orgánica y aumenta la acidez del suelo, su densa copa no permite el paso de la radiación solar, lo que disminuye significativamente el rendimiento de la producción (Haggar *et al.*, 2001). Mientras que especies de ambientes cálidos húmedos y subhúmedos como la primavera y el roble, ocasionan los más altos rendimientos por su lento crecimiento y copas abiertas y reducidas, lo que permite una abundante entrada de luz al dosel de los cafetos. En el Cuadro 3 se muestran los promedios por ciclo de rendimiento de café cereza bajo la sombra de las distintas especies, así como el promedio general en cinco ciclos de cosecha; diferenciando las medias de rendimiento conforme a la prueba de Tukey.

Cuadro 3. Rendimiento de café cereza en cinco ciclos de cosecha bajo diferentes especies de sombra.

Especie de sombra	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	Promedio	DMSH ¹
Cacao	9.54	16.92	9.51	20.05	8.77	12.96	ABC
Chalahuite	10.49	13.52	7.36	10.76	7.64	9.95	CD
Grevilea	10.93	13.45	8.45	15.07	7.01	10.98	C
Nogal	12.62	17.96	8.45	14.56	6.47	12.01	BC
Pino	8.47	15.14	4.95	7.34	2.72	7.72	D
Primavera	14.10	20.88	12.20	22.96	7.31	15.49	A
Roble	9.86	21.76	8.45	22.45	9.48	14.40	AB
Xochicuauhtl	10.46	15.63	7.45	16.23	6.61	11.28	BC
Total general	10.81	16.91	8.35	16.18	7.00	11.85	

¹DMSH= Diferencia Honesta Mínima Significativa de Tukey; letras iguales indican que las medias no difieren entre sí.

Los porcentajes de sombra estimados mediante los dos métodos utilizados (Cuadro 4), mostraron un comportamiento semejante; sin embargo, el densitómetro esférico resultó presentar una correlación mayor al método de área de copa. Especies leguminosas como *Inga* sp. pese a que la forma de su copa es muy extendida no presenta un sombreado denso como *P. chiapensis*, el cual limita más el paso de la radiación solar debido a su arquitectura de copa, generándose condiciones de microclima que pueden favorecer la incidencia de patógenos en detrimento de la calidad del café.





Cuadro 4. Porcentaje de sombra de las especies arbóreas cuantificado por dos métodos de estimación.

Especie de sombra	Cobertura	Densitómetro esférico
Chalahuite	100.00	96.8
Pino	99.85	83.0
Grevilea	97.64	81.2
Nogal	85.88	71.4
Xochicuauhtl	49.92	41.5
Primavera	34.74	28.9
Cacao	24.86	20.7
Roble	9.73	8.1

Hay una correlación altamente significativa entre el rendimiento de café cereza y el porcentaje de sombra estimado con el densitómetro convexo, no así para el área de copa la cual presentó una correlación estadísticamente no significativa (Figura 1).

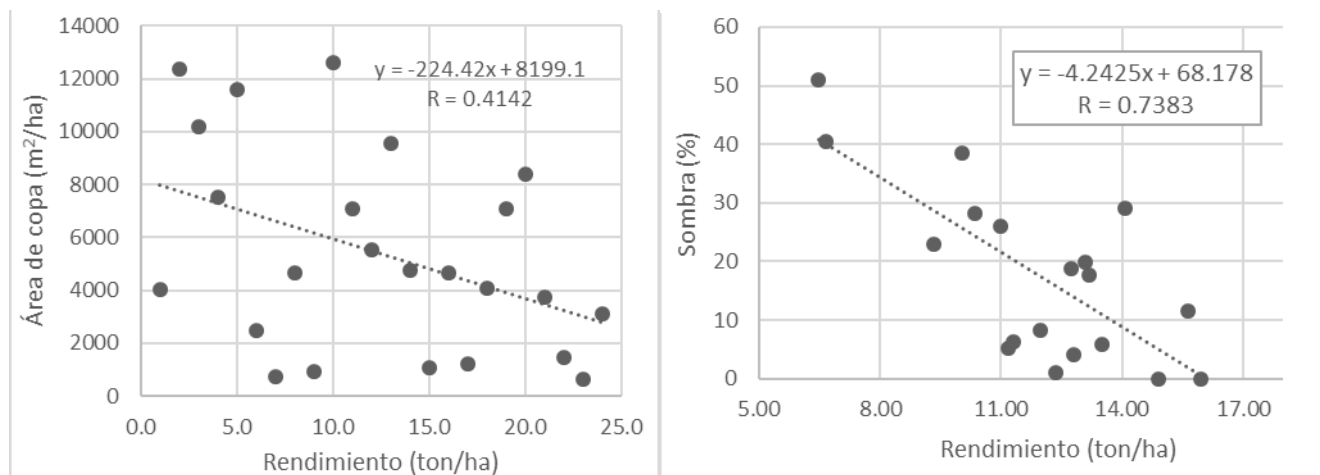


Figura 1. Correlación lineal entre el rendimiento de café cereza y porcentaje de sombra estimada con densitómetro esférico (a) y área de copa (b).

El alto grado de asociación que registró la correlación entre el rendimiento de café cereza y el sombreado del estrato arbóreo, cuando la penumbra es medida con este instrumento, confirman que el densitómetro ha sido una técnica mejor para predecir la radiación solar fotosintéticamente activa en el interior del bosque (Bellow y Nair, 2003). Mientras que con la técnica del “área de copa”, muestran una dispersión mayor en la lectura de datos.





Conclusiones

1. La selección de especies de sombra debe tratar de cumplir requerimientos como: ser de rápido crecimiento, poseer un sistema radical profundo que no compita con los cafetos, crecimiento abundante de hojas, fácil de podar, resistentes al viento, preferentemente leguminosa y que no sea potencialmente hospedero de plagas y enfermedades del cafeto. 2. La riqueza de especies en cafetales con un estrato de sombreado complejo posibilita que los cafecultores seleccionen especies que cumplan con el mínimo de lo deseado para el servicio de sombreado del cafetal, pero que permita un posible aprovechamiento maderable, lo cual da potencial a especies como el roble, que aunque no existe experiencia con este tipo de árbol en asociación con café, se sabe que su manejo podría ser similar al de xochicuahuatl, del cual se espera un regular sombreado, pero adecuando densidades y podándose sus ramas; esta especie se utiliza como sombra frecuentemente en cafetales de Colombia y Costa Rica. La conformación de la sombra del cafetal con especies nativas locales, con un mínimo de manejo silvícola, es importante en el logro de rendimientos aceptables e imprimen resiliencia a la plantación de café. 3. Los datos de rendimiento registrados en el presente trabajo, en una plantación de café con arreglo agroforestal, bajo la sombra de ocho especies arbóreas maderables de crecimiento medio y lento, indican que la producción de café cereza presenta diferencias significativas por lo que la selección del o los árboles de sombra es un factor a considerar en la planeación de renovación de fincas o establecimiento de nuevos cafetales. Dependiendo de la especie o especies de sombra seleccionada(s), tendrá que generarse un plan de manejo para tales especies, a fin de que se logre rentabilidad en la producción de café e ingresos adyacentes por la agrobiodiversidad asociada al cafetal. Los rendimientos de café cereza con cualquiera de las especies que conforman el trabajo experimental en referencia, sientan bases de que el sombreado es un factor que determina niveles de productividad del cafetal.

Literatura citada

Aguilar, V. G. J. 1995. Variedad Costa Rica-95. 1ª ed. ICAFÉ. San José, Costa Rica. 30 p.





- Arcila, P. J. 2007. Renovación y administración de los cafetales para estabilizar la producción de la finca. p. 145-160. *In*: Arcila P. J., F. Farfán V., A. M. Moreno B., L. F. Salazar G. y E. Hincapié G. (eds.). Sistemas de producción de café en Colombia. 1ª ed. Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Bellow, J. G. and K. R. Nair P. 2003. Comparing common methods for assessing understory light availability in shaded-perennial agroforestry systems. *Agr. Forest Meteorol.* 114:197-211.
- Benítez, B. G., M. T. Pulido-Salas y M. Equihua Z. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A. C. SIGOLFO-CONAFOR. Xalapa, Ver., México. 288 p.
- Bishop, J. y N. Landell-Mills. 2003. Los servicios ambientales de los bosques: información general. p. 43-75. *In*: Pagiola, S., J. Bishop y N. Landell-Mills (eds.). La venta de servicios ambientales forestales: mecanismos basados en el mercado para la conservación y el desarrollo. INE-SEMARNAT. México.
- Bonilla, C. R. y R. Moya R. 2014. Determinación de los extractivos y su correlación con el peso específico básico de diez especies utilizadas como sombra en cafetales de Costa Rica. *Rev. Forest. Mesoamer. Kurú (Costa Rica)* 11(27):34-46.
- Budowski, G. 1993. Agroforestería: una disciplina basada en el conocimiento tradicional. *Revista Forestal Centroamericana* 2(3):14-18.
- Cordero, J., F. Mesén, M. Montero, J. Stewart, D. Boshier, J. Chamberlain *et al.*, 2003. *Inga jinicuil* Schltdl. & Cham. p. 607-608. *In*: Cordero J. and D. Boshier (eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Faminow, M. D. y E. Ariza R. 2001. Biodiversidad de la flora y de la fauna en los sistemas de café de sombra. Informe a la Comisión para la Cooperación Ambiental. Latin American Regional Office. www.cec.org/files/pdf/ECONOMY/ICRAF [consultado el 13 de septiembre de 2007].
- Farfán, V. F. y P. M. Sánchez A. 2016. Densidades de siembra del café variedad Castillo en sistemas agroforestales, en el departamento de Santander-Colombia. *Revista Cenicafé* 67(1):55-62.
- García, M. L. E., J. I. Valdéz H., M. Luna C. y R. López M. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques* 21(3):69-82.





- Haggar, J. P., C. Schibli y C. Staver. 2001. Cómo manejar árboles de sombra en cafetales. *Agroforestería en las Américas* 8(29):37-41.
- Krishnamurthy, L. y M. Uribe G. (eds.). 2002. Tecnologías agroforestales para el desarrollo rural sostenible. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental No. 8. SEMARNAT. PNUMA. Red de Formación Ambiental. México, D. F. 461 p.
- 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. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 184 p.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 2004. Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas* 55:2-7.
- Muschler, R. G. 2000. Árboles en cafetales. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. CATIE. IICA. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- Muschler, R. G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 85:131-139.
- Newton, A. C. 2007. Forest ecology and conservation. A handbook of techniques. Oxford University Press. Oxford, UK. 480 p.
- Niembro, R. A., M. Vázquez T. y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y Revolución. Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Ver., México. 256 p
- Pineda-López, M. R., G. Ortiz-Ceballos y L. R. Sánchez-Velásquez. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques* 11(2):3-14.
- Quintanar, O J. 2010. La sombra en el cultivo del café. Desplegable para Productores Núm. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito. Puebla, México.





- Richter, A., M. A. Klein, T. Tschardtke and M. Jason. 2007. Abandonment of coffee agroforests increases insect abundance and diversity. *Agroforest Systems* 69(3):175-182.
- Roncal-García, S., L. Soto-Pinto, J. Castellanos-Albores, N. Ramírez-Marcial y B. de Jong. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia* 33(3):200-206.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Plan de innovación en la cafecultura de México. UACH, COFUPRO, AMECAFÉ, INCA-Rural, Sistema-Producto Café. México, D.F. 165 p.
- Schroth, G., G. Fonseca, C. Harvey, C. Gascon, H. Vasconcelos and A. Izac. 2004. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press. Washington, DC, USA. 523 p.
- Soto-Pinto, L., Y. Romero-Alvarado, J. Caballero-Nieto and G. Segura W. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 49(3-4):977-987.
- Toledo, V. M. y P. Moguel. 2012. Coffee and sustainability: the multiple values of traditional shaded coffee. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(3):353-377.
- WCR (World Coffee Research). 2017. Las variedades de café de Mesoamérica y El Caribe. USAID, PROMECAFÉ. Catálogo. College Station, TX, USA. 38 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. Libro Técnico No. 34. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla/Sitio Experimental Teocelo. 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. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp>*





EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN CULTIVO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) EN LA APLICACIÓN DE TRES ABONOS ORGÁNICOS

Anastacio Nanco Ortiz¹⁰⁵, Diana Elena Vásquez Sánchez¹⁰⁵, David Gutiérrez González¹⁰⁵, Fernando Arturo Gómez Díaz¹⁰⁵ y Jaime Negrín Ruiz¹⁰⁵

Resumen

Con la finalidad de impulsar un agricultura sustentable amigable con el medio ambiente y el aprovechamiento de los subproductos agropecuarios se realizó una evaluación de dos dosis de estiércol de ovino y bovino, así como del subproducto industrial derivado de la caña de azúcar (cachaza), con el objetivo de identificar los efectos de desarrollo y productividad del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), dicho trabajo se realizó durante el mes de marzo a junio en el campo experimental de la Universidad Tecnológica del Estado de Veracruz, en el cual se preparó un área de trabajo bajo un diseño experimental, con siete tratamientos y tres repeticiones, distribuidos de manera aleatoria y al azar, bajo un manejo integrado en el control de plagas y enfermedades con la aplicación de biopreparado y en menor proporción los productos químicos para el control de plagas y enfermedades, por el periodo de producción en época primaveral se realizó el riego por sistema de goteo con cintilla, poniendo toda la atención el manejo agronómico y el manejo fitosanitario. Los resultados mostraron que los tratamientos con 2 kg de estiércol de ovino o 1 kg de cachaza resultaron significativamente mayor en la altura de la planta, longitud del tallo y rendimiento.

Palabras clave: nutrición, fertilización, manejo sustentable, producción

Introducción

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es originario de Suramérica, aunque también es ampliamente conocido en el sureste mexicano donde forma parte de la gastronomía

¹⁰⁵Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Campus Cuitláhuac.





regional, es un cultivo atractivo económicamente hablando, su precio en el mercado nacional supera a la de cualquier otro tipo de chile. En algunas partes del país, se vende entre \$100 y \$130 por kilogramo de fruto fresco; además el chile habanero es un producto que tiene demanda a nivel nacional e internacional por sus múltiples usos (Villa *et al.*, 2014). El 57% de su producción se da en el ciclo otoño-invierno y el 43% restante, se genera en primavera-verano. La producción se concentra en Yucatán (41%) y Tabasco (32%) que en conjunto producen un poco menos de las tres cuartas partes de la producción Nacional (SAGARPA, 2015).

En la mayoría de los sistemas de producción, la fertilización se lleva a cabo con el agua de riego, mediante soluciones nutritivas que contiene los elementos esenciales para el crecimiento de la planta, tomando en cuenta el pH y ajustándose mediante la aplicación de ácido fosfórico o ácido nítrico, que aportan P y N, respectivamente. Dentro las opciones para disminuir el uso de productos químicos se encuentran el uso de estiércol de ovino y bovinos, así como los subproductos industriales como la cachaza de la caña de azúcar que aportan valores significativos de nitrógeno (2-5%), fósforo (0.2-0.8%), potasio (1-3%), magnesio (0.2-1.5%) y sodio (0.05-3%).

Por la importancia del cultivo para el consumo humano y sus propiedades, así como en la aplicación de actividades relacionadas con el desarrollo sustentable en el manejo de los recursos naturales disponibles, disminuyendo el uso de agroquímicos y la reducción de contaminantes en los suelos, se estableció una parcela de investigación con el objetivo de conocer los efectos del desarrollo fisiológico y productivo de la planta de chile habanero fertilizada con abonos orgánicos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la parcela de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, sobre la carretera Federal Cuitláhuac a la Tinaja, del estado de Veracruz, situado entre las coordenadas geográficas 18°47'40.29'' latitud norte y entre 96°42'13.85'' longitud oeste, a una altitud de 339 m (Figura 1), con clima trópico caluroso.





Figura 1. Microlocalización de la institución y parcela de investigación.

El proyecto se puso en marcha a partir del marzo a junio de 2018, con alumnos de adscritos de la carrera de Agricultura Sustentable y Protegida, como proyecto integrador, realizando un manejo integrado de las labores agronómicas, el manejo fitosanitario y la fertilización con dos abonos de origen animal de ovino y bovino, así como uno de subproducto industrial como es la cachaza de caña de azúcar.

Material y equipo para el estudio

Los materiales para el desarrollo del trabajo de investigación, consistieron materiales y equipo, así como consumibles.

a) Materiales y equipo

Basculas granataria

Vernier

Cinta métrica

Pico

Azadón

Charola para germinar

b) Consumibles

Fichas de campo, borradores y documento final.

Semilla de chile habanero Variedad Ba'alche (CICY, 2016)

216 kg de estiércol de ovino

216 kg de estiércol de bovino

216 kg de cachaza de caña de azúcar

Un litro de biopreparado para control de plagas (bomba)

Un cuarto de insecticida químico

Un cuarto de fungicida químico





Diseño del estudio de investigación y distribución de la parcela de investigación

Para la distribución de las parcelas de investigación se inició con la preparación del suelo, barbecho y surcado con pico y azadón en un área de 18 metros de largo con 8 metros de ancho, asignando los tratamientos de forma aleatoria y distribuida completamente al azar (Figura 2).

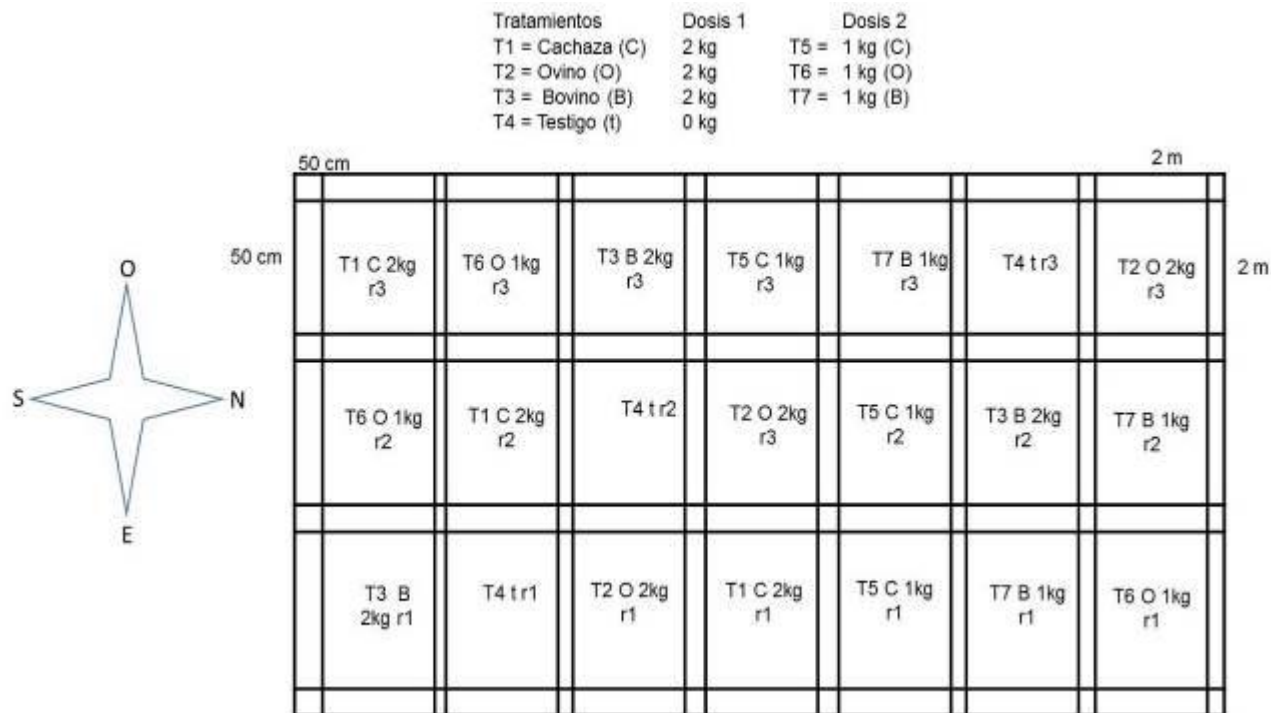


Figura 2. Distribución de las parcelas de investigación.

Para conocer los efectos en el desarrollo de la planta de chile habanero y la productividad, con la aplicación de dos estiércoles de ovino y bovino, así como de un subproducto industrial derivado de la caña de azúcar (cachaza), como fertilización orgánica, después de 20 días del trasplante de la plántula, se aplicaron dos diferentes dosis en los siguientes tratamiento uno (T1) 2 kg de cachaza, (T2) 2 kg de estiércol de ovino, (T3) 2 kg de estiércol de bovino, (T4) como testigo sin fertilizar, (T5) 1 kg de cachaza, (T6) 1 kg de estiércol de ovino y (T7) 1 kg de ovino, realizando la segunda fertilización a los 90 días de edad (ochos antes de la primera cosecha) a cada tratamiento con las mismas cantidades. Se realizaron las labores: escarda (cada 20 días), riegos frecuentes (cada ocho días), prevención contra plagas (cada 20 días), intercalando en los mismos tiempos preventivos para hongos, con biopreparados a base de





chile, ajo y cebolla e insecticidas y fungicidas de baja toxicidad, con las dosis bajas de acuerdo a las especificaciones técnicas del producto. Tomando en cuenta las aportaciones porcentuales que aportan los dos abonos de origen animal y de la cachaza (Cuadro 1), los efectos se mostraran en las plantas que serán la unidades de evaluación, para homogenizar y dar confiabilidad a los datos se realizan tres replicas (Figura 2).

Cuadro 1. Porcentaje de aportación nutricional tomado de González *et al.* (2012) y Meléndez y Zoto (2003)

Abono	% N	% P	% Mg	% K
Cachaza	1.3	0.7	0.2	0.4
Vacuno	2.0	1.0	1.5	3.0
Ovino	5.0	0.8	0.2	3.0

Las variables analizar fueron: altura de plantas, con lecturas cada 15 días (promedios generales), el diámetro de tallo, número de tallos o ramificaciones, número de frutos, peso de los frutos cosechados y condiciones fenológicas generales de la planta. Para la descripción e interpretación de resultados se utilizó el paquete estadístico de Statistica versión 7.5, con análisis descriptivos y vivariado a través de la correlación con el rendimiento entre los frutos cosechados, análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Después de la aplicación de abono se tomaron cuatro lecturas de altura de en un lapso de cada 15 días (Figura 3), teniendo un promedio de 16.5 a 58.8 cm de altura, con un mínimo de 8.3 a 74 cm y máximas de 20 a 74 cm, mostrando una diferencia estadística entre los tratamientos, siendo los tratamientos T2 (2 kg de abono de ovino) y T5 (1 kg de cachaza.) los que han demostrado mayor altura.

Respecto a la longitud de tallos primarios y secundarios, los mismos tratamientos han demostrado una diferencia estadística significativa, respecto al testigo (Figura 4). Por lo tanto, el estiércol de ovino y la cachaza, en dosis de 2 y 1 kg, respectivamente, aporta mejores beneficios a la planta, con dichos resultados se demuestra que la nutrición con dosis diferentes de abonos orgánicos y de distintas especies resultan en rendimientos mayores.



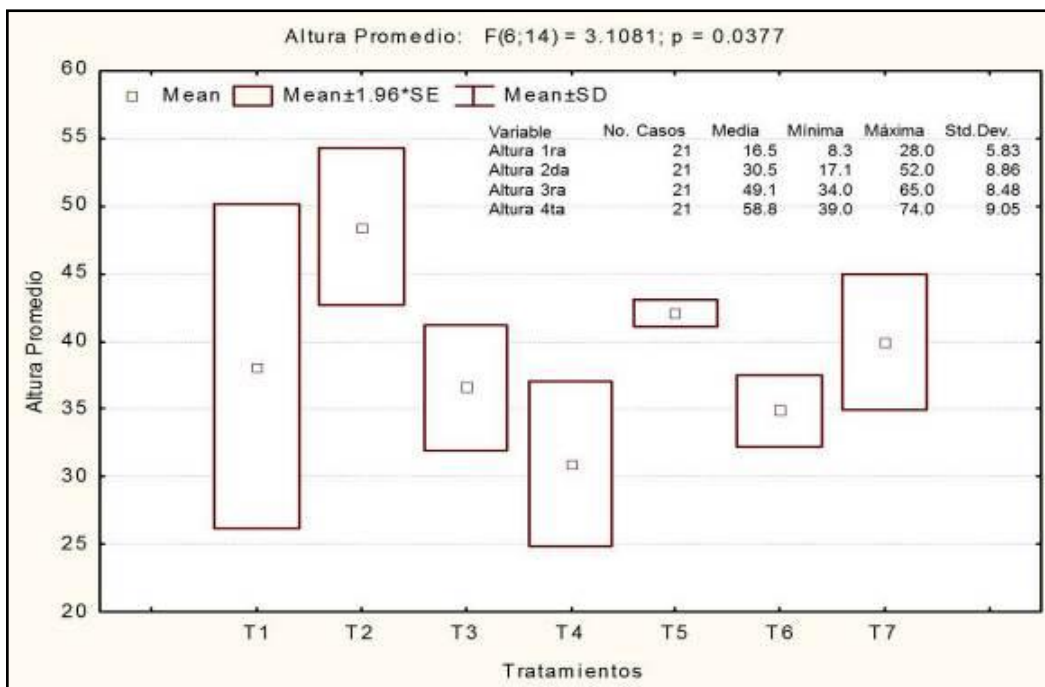


Figura 3. Altura promedio de las plantas entre los tratamientos de estudio.

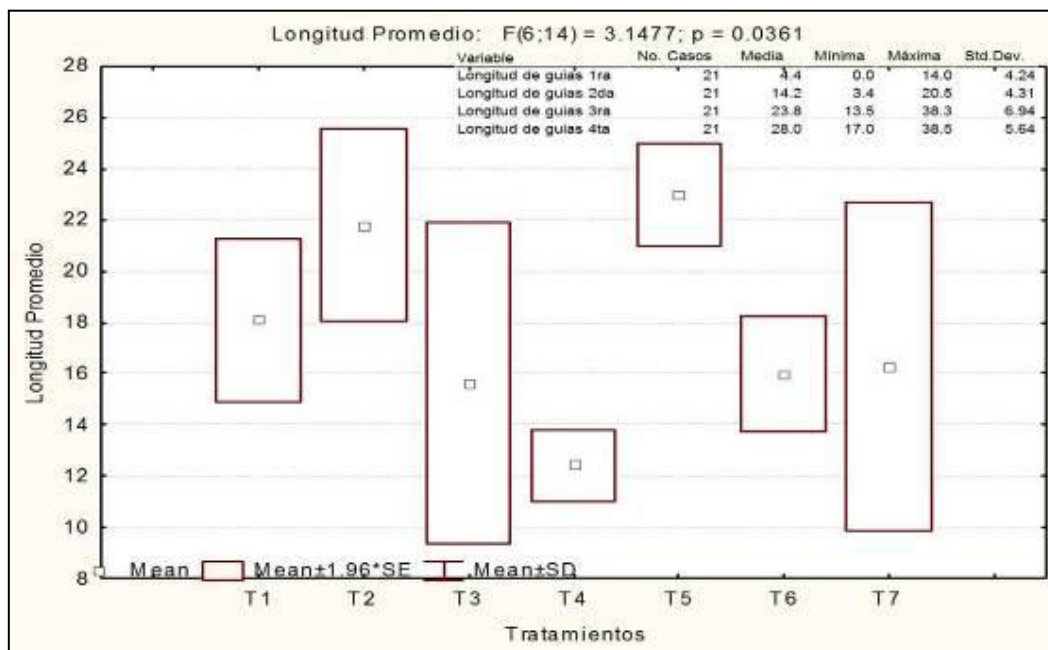


Figura 4. Longitud promedio de los tallos entre los tratamientos.

De acuerdo al número de frutos promedios de cada planta, con respecto a los frutos cosechados, se reporta una alta correlación y una diferencia estadística significativa, sobresaliendo el T2 con mayor número promedio de frutos (Figura 5).





Figura 5. Correlación de número de frutos promedios de la planta por los cosechados.

Se encontró una alta correlación entre el peso promedio de frutos con el número de frutos cosechados, sobresaliendo los tratamientos T2 y T1 los que resultaron en mayores rendimientos (Figura 6).



Figura 6. Correlación de frutos promedios cosechados por el peso en gramos.



En la prueba de Tukey, la comparación de medias de altura y longitud de tallos (Cuadros 2 y 3), claramente muestran que el tratamiento T2 (2 kg de estiércol de ovino), presentó mayor rendimiento respecto a los demás tratamientos, siendo el testigo el que presentó el menor rendimiento.

Cuadro 2. ANOVA, Comparación de medias de la altura promedio entre tratamientos, con la prueba de Tukey.

Orden	Tratamientos	Media de la altura promedio (cm)	1	2
4	T4	30.94	a	
6	T6	34.86	a	b
3	T3	36.59	a	b
1	T1	38.14	a	b
7	T7	39.88	a	b
5	T5	42.10	a	b
2	T2	48.47		b

Cuadro 3. ANOVA, Comparación de medias de longitud promedio de los tallos entre tratamientos, con la prueba de Tukey.

Orden	Tratamientos	Longitud Promedio Mean	1	2
4	T4	12.44	a	
3	T3	15.64	a	b
6	T6	15.99	a	b
7	T7	16.29	a	b
1	T1	18.11	a	b
2	T2	21.80	a	b
5	T5	22.99		b

De acuerdo a los resultados encontrados en altura, longitud de tallo, número de frutos y rendimiento, el estiércol de ovinos o la cachaza permiten un mejor desarrollo en el crecimiento de la planta, longitud de los tallos, y número de frutos, que resulto en mayor rendimiento, con la aplicación de 2 kg y 1 kg estiércol de ovino y cachaza, respectivamente.





Conclusiones

1. El estiércol de ovinos o la cachaza, en dosis de 2 o 1 kg, respectivamente, incrementan el rendimiento del chile habanero.

Agradecimientos

A los integrantes del proyecto por el compromiso durante el desarrollo del trabajo de investigación, en la atención a las indicaciones para realizar las labores agronómicas y la toma de datos, para que se hiciera posible contar con los resultados del trabajo. Al personal directivo de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, por la oportunidad de brindarnos el espacio y las facilidades para realizar el proyecto de investigación. Por la oportunidad de pertenecer a la Institución, por la confianza y apoyo en la presentación del trabajo a eventos de difusión científica. A los coordinadores del programa de la reunión científica

Literatura citada

- CICY (Centro de Investigación Científica de Yucatán). 2016. Unidad Productora de Semillas de Chile Habanero. Ficha Informativa. Documento Interno. Mérida, Yuc., México. 15 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. Margenes de comercialización. Chile Habanero. Hortalizas. 4 p.
- Villa, C. M., E. A. Catalán V., M. A. Inzunza I., A. Román L., H. Macías R., y D. Cabrera R. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. Folleto Técnico Núm. 34. SAGARPA. INIFAP. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. Gómez Palacio, Dgo., México. 45 p.





EVALUACIÓN DE LABRANZA VERTICAL EN LA PREPARACIÓN PRIMARIA DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LA ZONA CENTRO DE VERACRUZ

Marco Antonio Reynolds Chávez^{106*} y Juan Antonio López López¹⁰⁷

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito evaluar una tecnología de labranza vertical para la aplicación de labranza primaria en suelos compactados, para ello, se utilizó un prototipo de arado de cinceles basado en la teoría de la profundidad crítica y cuatro parámetros de labranza vertical: (profundidad de trabajo, número de cuerpos, espaciamiento entre cinceles y el uso de aletas o barredores.

La evaluación en campo se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP en el ciclo de temporal 2017. Las variables fueron consumo de combustible (Cc), tiempo efectivo de trabajo (Tet), área disturbada (Ad) y rendimiento productivo (Rp). Los tratamientos a evaluar fueron cuatro intensidades de labranza primaria: uso del prototipo T1 (tres cinceles someros a 30 cm + dos cinceles profundos con alas a 30 cm), uso del prototipo T2 (tres cinceles someros a 20 cm + dos cinceles profundos con alas a 30 cm), uso de arado convencional de tres discos T3 (tecnología más utilizada) y T4 uso de arado de cinceles tradicional “testigo” (cinco cinceles a 30 cm sin alas), posteriormente se utilizó una rastra de tiro para la preparación secundaria del suelo. Las características de preparación de cada arreglo fueron homogeneizadas y el método de prueba fue el utilizado por el Centro Nacional de Estandarización de Maquinaria Agrícola (CENEMA). Los resultados obtenidos en Cc, mostraron que el T4, T2 y T1 respectivamente fueron estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al T3, el cual presentó elevado consumo por hectárea que supera el 47%. Para la variable Tet, los tratamientos T1, T2 y T4 fueron estadísticamente iguales pero diferentes al T3, el cual presentó un aumento altamente significativo, superior al 62% al preparar la misma superficie. En la variable Rp, el mejor tratamiento fue T2, al alcanzar 6,587 kilogramos por

¹⁰⁶Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *reynolds.marco@inifap.gob.mx

¹⁰⁷Universidad del Valle de México. Campus Saltillo.





hectárea y para el Ad del suelo, el arado de cinceles en cualquiera de sus tres arreglos fue altamente significativo con respecto al arado de discos.

Palabras claves: labranza primaria vertical y arado de cinceles

Introducción

La demanda de alimentos, el consumo de combustible y los recursos energéticos continúan aumentando en todo el mundo. En la actualidad, los logros en los rendimientos de los cultivos no son suficientes en comparación con el alto costo de energía aplicada a la producción de los mismos, por lo tanto, es necesario optimizar los recursos utilizados en actividades que requieren los mayores costos en la producción agrícola, como la labranza del suelo, que se considera una de las operaciones agrícolas más costosas en el mundo (Adewoyin y Ajav, 2013).

Las operaciones de labranza requieren una gran cantidad de consumo de energía, esto puede limitar las actividades agrícolas, reduciendo la rentabilidad del sistema de producción (Kichler *et al.*, 2007); sin embargo, si los cambios tecnológicos se implementan en sistemas apropiados de producción, incluida la agricultura de conservación, se podría ahorrar hasta un 50% de la energía fósil (Pimentel *et al.*, 2008). La labranza reducida o cero labranzas no solo ahorran tiempo y energía, también reducen el costo de cultivo, mejoran el ambiente del suelo, para un mayor rendimiento de la cosecha, y aumentan la disponibilidad del agua para el crecimiento de la planta (Dutzi, 2008; Brunotte y Sommer, 2009; Shrivastava y Satyendra, 2011).

Al respecto, la labranza vertical podría ser una mejor alternativa como un sistema de conservación, incluso cuando puede dar lugar a una pequeña reducción del rendimiento de la cosecha. Por otro lado, el ahorro de energía es considerable (Cavalaris y Gemptos, 2002). Los ahorros de energía utilizando la labranza vertical y la teoría de la profundidad crítica en comparación con sistema convencionales, se han documentado en varios estudios (Hoogmoed y Derpsh, 1985; Cadena *et al.*, 2004; Camacho y Rodríguez, 2007; Godwin, 2007).





La fuerza de tiro requerida para los implementos y la calidad del trabajo dependen de la resistencia específica del suelo, de la profundidad de trabajo, la densidad del suelo y humedad en el momento de la operación. Por otra parte, el espaciamiento entre cinceles en combinación con parámetros de la profundidad crítica podría dar lugar a diferentes requisitos de fuerza, incluso para la misma condición del suelo (Arvidson *et al.*, 2004; Raper y Bergtold, 2007; Manuwa, 2009).

Así mismo, el uso de parámetros de labranza vertical (profundidad de trabajo, posición y espaciamiento de cinceles, número de cuerpos y uso de aletas) fueron ajustados y evaluados de manera individual e integrada en arreglos de tres, seis y siete cinceles alcanzando una reducción significativa en la resistencia específica del suelo de 32, 34.77 y 38.68% respectivamente (Reynolds, 2014). Para lo antes mencionado es importante analizar diferentes parámetros del trabajo de labranza y su efecto en la calidad de la labranza (Camacho y Rodríguez, 2007).

El propósito de este trabajo fue evaluar una tecnología de labranza vertical para la aplicación de labranza primaria en suelos compactados, que permita optimizar el consumo de combustible, el tiempo efectivo de operación, calidad de labor y aumentar la productividad de los cultivos.

Materiales y métodos

Localización del sitio de prueba

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla (INIFAP-Veracruz), ubicado en las coordenadas 18°56'20" N y 96°11'30.3" W (Figura 1). El establecimiento del experimento se realizó en un suelo con textura Franco y con proporción de arena: 46.2%, arcilla: 16.8% y limo: 37%.





Figura 1. Ubicación del sitio de prueba.

Descripción del prototipo de arado de cinceles

El arado de cinceles (Figura 2), está integrado por un chasis de doble plataforma. En la parte frontal se acoplaron tres cinceles someros equidistantes y en la parte trasera se posicionan dos cinceles profundos con alas centrados a la posición de los cinceles frontales. Este implemento de enganche se utiliza con tractores de potencia media (80 hp) y no invierte el perfil del suelo, puede ajustarse a dos profundidades de trabajo: a 30 cm con espaciamiento de cinceles de 75 cm para un ancho total de trabajo de 1.80 m y 40 cm. con espaciamiento de cinceles de 1 m para un ancho total de trabajo de 2.30 m, ambos arreglos utilizan un tamaño de alas de 55 cm.

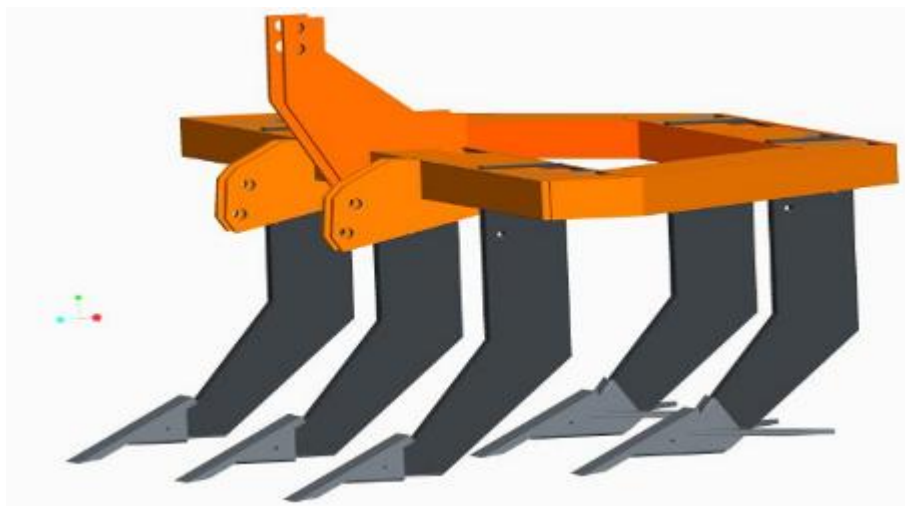


Figura 2. Prototipo de arado de cinceles.



Condiciones de prueba

1. Para el desarrollo de la evaluación se debió considerar un sitio que tenga características de suelo duro o superficie compactada por encima de los 3 Mpa, parámetro que se registra como impedancia mecánica en el cultivo de maíz.
2. Registrar en los primeros 0.30 m de profundidad del suelo, la resistencia a la penetración del sitio antes de la preparación del suelo.
3. Medir la humedad del suelo a (10, 20 y 30 cm) de profundidad, al momento de tomar datos de resistencia a la penetración y al momento de aplicar el arado en cada uno de los tratamientos.
4. Homogeneizar las características de prueba al momento de realizar el arado del suelo: (mismo tractor, operador, velocidad, profundidad de labor, Rpm del tractor y tamaño de la superficie).
5. Se utilizó como implemento testigo un arado de cincheles tradicional que representó la tecnología comparativa y también se utilizó como parte de esta evaluación el arado de discos, ya que éste representa el implemento más utilizado para la preparación del arado o preparación primaria del suelo.

d) Evaluación en campo.

La preparación primaria del suelo (arada) consistió en un solo paso del implemento con el arreglo diseñado para cada experimento. El sitio de prueba fue integrado por cuatro parcelas de 2,875 m² cada una y correspondieron a los sistemas evaluados, descritos en el Cuadro 1. Posteriormente a las evaluaciones de labranza primaria, se realizó un paso cruzado de rastra y la siembra con equipo de precisión. Se estableció maíz comercial para la evaluación en rendimiento productivo, utilizando el paquete tecnológico del INIFAP.





Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de intensidades de labranza.

Tratamiento	Tecnología	Descripción
(T1) 3CF302CT30CA	INIFAP- propuesta tecnológica 1	Tres cinceles frontales a 30 cm de profundidad en la plataforma frontal + dos cinceles traseros a 30 cm de profundidad con acoplamiento de alas expansoras de 55 cm.
(T2) 3CF202CT30CA	INIFAP- propuesta tecnológica 2	Tres cinceles frontales someros a 20 cm de profundidad en la plataforma frontal + dos cinceles traseros a 30 cm de profundidad con acoplamiento de alas expansoras de 55 cm.
(T3) Arado de tres discos	Tecnología comercial más usada	Tres discos en una sola plataforma a una profundidad de 30 cm.
(T4) 3CF302CT30SA	Tecnología testigo	Tres cinceles frontales a 30 cm de profundidad en la plataforma frontal + dos cinceles traseros a 30 cm de profundidad sin alas expansoras.

Las variables fueron:

Resistencia a la penetración (Rp). Se determinó desde la superficie natural del suelo hasta una profundidad de 30 cm o su equivalente aproximado a 12 pulgadas mediante un TDR digital con mediciones de intervalos a cada pulgada. Los resultados se expresan en $\text{Mpa} \cdot \text{kg}/\text{cm}^2$. La humedad del suelo (HS) se determinó mediante el método gravimétrico; los resultados se expresan en porcentaje (%). El consumo de combustible (Cc) se determinó utilizando el paso del arado en una sola prueba continua y registrando la medición con el método tradicional del tanque lleno; los resultados se expresan en L/ha. Rendimiento efectivo (Re), conocido como cantidad de trabajo en campo y se expresa en superficie trabajada por unidad de tiempo; se indica en ha/h. El área disturbada (Ad), utilizada para determinar los perfiles de labranza, se realizaron tres perfilometrías por cada repetición, utilizando un perfilómetro de varillas de acuerdo con la metodología descrita por Spoor y Godwin (1978). Las lecturas realizadas involucran la medición del trabajo, total del ancho del implemento y el factor de profundidad desde la referencia tomada al nivel de la superficie del suelo. Para la determinación del Ad, se obtuvo el área bajo la curva para cada tratamiento utilizando el software Matlab VR2012b. Los resultados se expresan en m^2 . El rendimiento productivo (Rp) se determinó con la medición de nueve repeticiones ubicando tres muestreos por cada tercio de cada uno de los tratamientos para un total de 36 muestras. La medición se realizó





cosechando el material de 10 m lineales con el 14% de humedad; los resultados se expresan en kg/ha.

Diseño experimental

El diseño utilizado para la variable área disturbada fue un bloque al azar con 12 repeticiones por tratamiento, ubicando una medición por cada recorrido del implemento. Para la variable consumo de combustible, se consideró una sola prueba basada en el código internacional RENAM de pruebas de equipo y maquinaria agrícola, dicha prueba consiste en la evaluación continua de al menos 2,500 m² por tratamiento. Para la variable rendimiento de planta fue un bloque al azar con seis repeticiones por tratamiento. El tipo de diseño aplicado para las variables descritas, fue para jerarquizar la significancia entre los tratamientos de la variable a medir, realizando la consideración única e independiente (sistemas de labranza) y realizando bloqueo (condiciones homogéneas de prueba) que desestima el interés en particular de otra variable. Para el análisis se utilizó el programa de lenguaje estadístico R.

Resultados y discusión

Diagnóstico de sitio específico (Rp)

En el Cuadro 2, se muestra los resultados de las capas compactas en el suelo aun sin aplicar los tratamientos a evaluar. Estas mediciones realizadas son una referencia inicial para la evaluación posterior a la aplicación de los tratamientos. Los valores encontrados muestran diferencias entre cada una de los estratos o capas del suelo, con un incremento sustancial a medida que se incrementa la profundidad con variación de valores de 0.72 a 4.98 Mega-pascales (MPa), lo cual rebasa el límite crítico de impedancia mecánica, reportado por De León *et al.*, (1998), quienes mencionan que 3 MPa de resistencia a la penetración constituye un impedimento mecánico para el crecimiento de las raíces, por lo que valores superiores pueden ser restrictivos para los cultivos. A partir de las cinco pulgadas se observa que se rebasa el límite permisible en la totalidad de los muestreos, por lo que se decidió aplicar labranza primaria para eliminar las capas duras del suelo.





Cuadro 2. Promedios de capas compactas del suelo (Mpa) por estratos en los cuatro tratamientos al inicio de la evaluación bajo condiciones de campo.

Profundidad (pulgadas)	Compactación (MPa)			
	T1	T2	T3	T4
1	1.15	0.73	0.73	0.72
2	2.01	1.27	1.92	1.52
3	4.02	1.83	2.79	3.11
4	3.98	2.24	3.21	4.22
5	3.42	4.40	3.97	4.03
6	3.89	3.67	4.42	4.91
7	4.98	4.74	3.90	4.98

Para la variable humedad del suelo, se registró el promedio de la superficie total del sitio, se realizaron 12 repeticiones a tres diferentes profundidades, siendo un total de 36 muestras, se lograron representar los siguientes datos en promedio de acuerdo con las profundidades estudiadas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Humedad promedio a tres diferentes profundidades al momento de la labor.

	Profundidad (cm)	Suelo húmedo (g)	Suelo seco (g)	Humedad (%)
Promedio total	0-10	301.45	258	16.84
	10-20	324.55	272.83	18.95
	20-30	308.50	353.83	21.54

La labor en un suelo, con clasificación textural franco, para la preparación primaria y secundaria del suelo, se debe realizar cuando existe entre un 16 y 18% de humedad para la correcta disgregación del suelo y no permitir que se compacten las capas profundas. Para el análisis de calidad de labor, en la Cuadro 4 se muestran cada uno de los sistemas de labranza, observándose que existe diferencia altamente significativa entre el uso de cualquier de los tres arreglos de labranza vertical en comparación al sistema convencional más utilizado como el arado de discos.





Cuadro 4. ANOVA unidireccional: Área Disturbada vs. Tratamiento.

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamiento	3	1.28448	0.42816	400.59	0.0001
Error	44	0.04703	0.00107		
Total	47	1.33151			

S = 0.03269 R2. = 96.47 % R2. (ajustado) = 96.23 %

Tratamiento	N	Media
1	12	0.58927 ^a
4	12	0.58558 ^{ab}
2	12	0.55719 ^b
3	12	0.20065 ^c

En La Figura 3, se observa el área bajo la curva obtenida para la profundidad el tratamiento de 3CF302CT30CA y ancho de trabajo de 1.80 m, la gráfica muestra el área real de 0.58927 m².

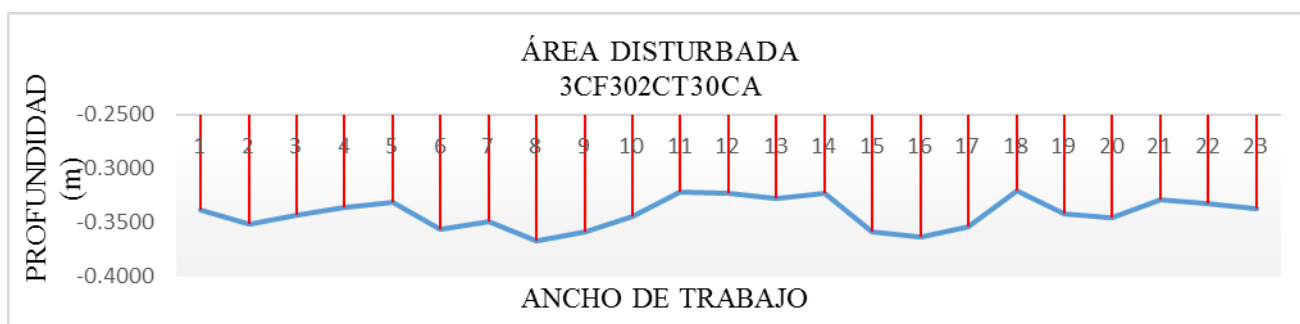


Figura 3. Perfil de área disturbada utilizando arado de cinceles T1 (3CF302CT30CA).

En la Figura 4, se observa el área bajo la curva obtenida para la profundidad el tratamiento de 3CF302CT30CA y ancho de trabajo de 1.80 m, la gráfica muestra el área real de 0.55719 m².

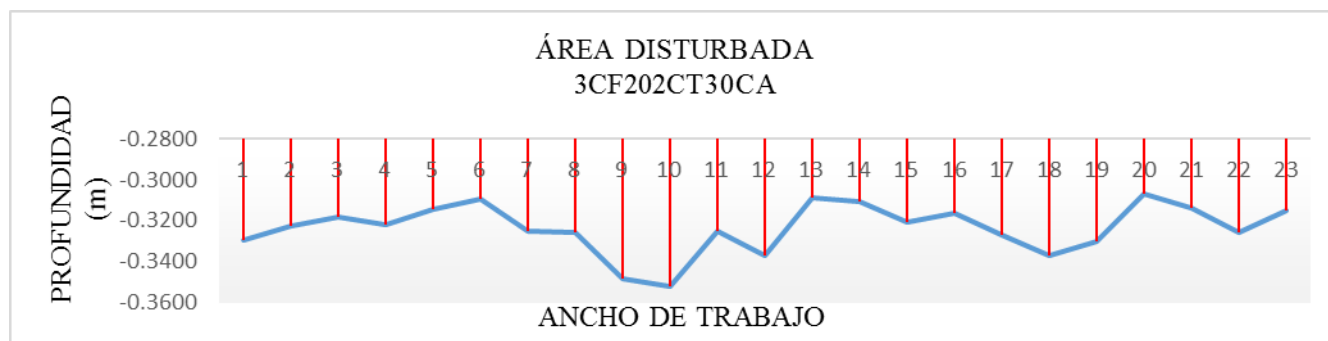


Figura 4. Perfil de área disturbada utilizando arado de cinceles T2 (3CF202CT30CA).





En la Figura 5, se observa el área bajo la curva para la profundidad el tratamiento de arado de tres discos y ancho de trabajo de 0.75 m, la gráfica muestra el área real de 0.20065 m².

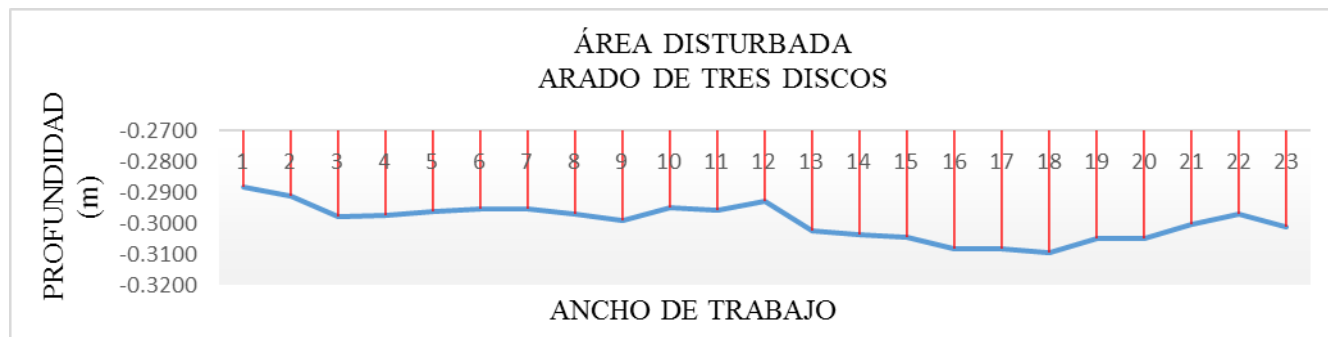


Figura 5. Perfil de área disturbada utilizando T3 arado de tres discos.

En la Figura 6, se observa el área bajo la curva obtenida para la profundidad el tratamiento de 3CF302CT30SA y ancho de trabajo de 1.80 m, la gráfica muestra el área real de 0.58558 m².

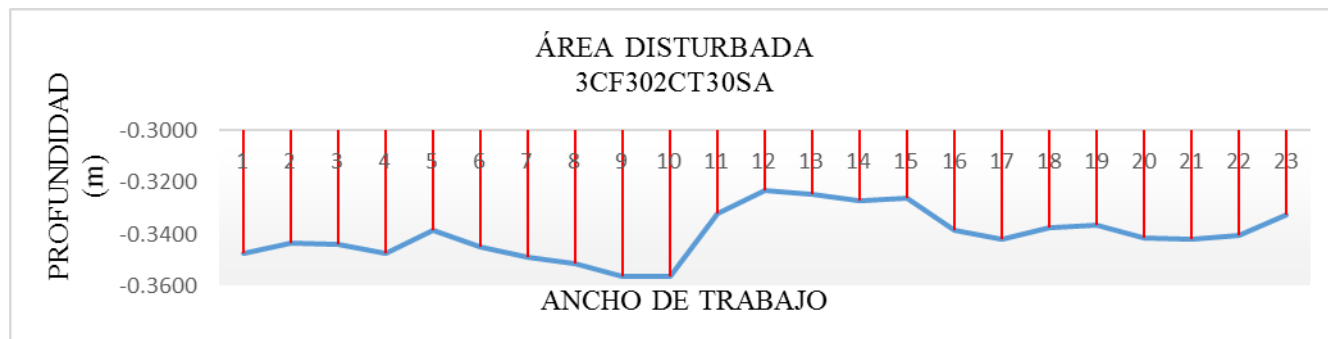


Figura 6. Perfil de área disturbada utilizando arado de cinceles T4 (3CF302CT30SA).

Al observar las Figuras 3, 4, 5 y 6 de área disturbada del suelo, podemos discutir lo señalado por el análisis de varianza y que representa una mayor laborabilidad con una diferencia porcentual mínima de 63.98% con respecto al arado de disco. Así mismo, los resultados también indican que los arados en el sistema de labranza vertical tienen un mayor espectro de operación en condiciones de humedad por debajo del punto friable en comparación con el uso de arado de discos.

Con respecto a las variables que determinan la eficiencia, en términos de operación y funcionamiento de los arados utilizados, en el Cuadro 5 se presentan los resultados de la





evaluación continua de cuatro intensidades para la preparación primaria del suelo en cuatro variables de desempeño (consumo de combustible, tiempo efectivo de trabajo, área disturbada y rendimiento productivo). Donde se observa que, desde el inicio del primer establecimiento del cultivo en maíz el tratamiento T2 (3CF202CT30CA), representa la mejor alternativa para la preparación primaria del suelo en la producción de maíz.

Cuadro 5. Resultados de variables cuantificadas en la evaluación de la preparación primaria del suelo con diferentes intensidades de labranza profunda.

Tratamientos	Variables cuantificadas			
	Cc (lha ⁻¹)	Tet (ha h ⁻¹)	Ad (m ²)	Rp (ton ha ⁻¹)
3CF302CT30CA	20.87 A	0.633 A	0.589 A	6,107 B
3CF202CT30CA	19.13 A	0.654 A	0.557 A	6,587 A
ARADO 3D	36.34 B	0.248 C	0.200 B	6,455 A
3CF302CT30SA	17.39 A	0.814 B	0.585 A	4,500 C

Cc (L/ha) = Consumo de combustible, Tet (ha/h) = Tiempo efectivo de trabajo, Ad (m²) = Área disturbada y Rp (t/ha) = Rendimiento productivo.

Conclusiones

1. En la variable consumo de combustible se mostró que la labranza vertical representa hasta un 47% en el ahorro con respecto al manejo de arado de discos. 2. Para la variable tiempo efectivo de trabajo, los tratamientos en labranza vertical fueron estadísticamente iguales pero diferentes al de labranza convencional realizado con arado de tres discos, el cual presentó un aumento altamente significativo, superior al 62% al preparar la misma superficie. 3. En la variable rendimiento productivo, el mejor tratamiento fue T2 (3CF202CT30CA), al alcanzar 6,587 kilogramos por hectárea. 4. Para el área disturbada del suelo, el arado de cinceles mostró que cualquiera de sus tres arreglos fue altamente significativo con respecto al arado de cinceles con un 63.98% más de superficie laborada sin inversión del suelo. 5. La tecnología de arado de cinceles bajo el sistema de labranza vertical debe ser utilizada de inmediato como oferta tecnológica y reemplazar la tecnología de arado de discos convencionales dado todas las ventajas tecnológicas, económicas y ambientales.





Literatura citada

- Adewoyin, A. O. and E. A. Ajav. 2013. Fuel consumption of some tractor models for ploughing operations in the sandy-loam soil of Nigeria at various speeds and ploughing depth. *Agric. Eng. Int.: CIGR J.* 15(3):64-74.
- Arvidsson, J., T. Keller and K. Gustafsson. 2004. Specific draught for moldboard plough, chiselpough and disc harrow at different water contents. *Soil and Tillage Res.* 79:221-231.
- Brunotte, J. and C. Sommer. 2009. Konservierende bodenbearbeitung aus sicht der wissenschaft. *In: Intelligenter Pflanzenbau.* S110-144, 3. Auflage. Amazone-Werke.
- Calavaris, C. K. and T. A. Gemtos. 2002. Evaluation of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. *Agric. Eng. Int.: CIGR J.* 4:24 p.
- Camacho-Tamayo, J. H. y G. A. Rodríguez. 2007. Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. *Agricultura Técnica* 67(1):60-67.
- De León, G. F., F. Payán Z. and R. Sánchez S. 1998. Identification of soil compacted layers using a cone digital penetrometer. *Terra Latinoam.* 16(4):303-307.
- Dutzi, S. 2008. The effects of various tillage and sowing systems on energy input and crop production parameters. *Agric. Eng. Landtechnik* 63(6):338-340.
- Godwin, R. and M. O'Dogherty. 2007. Integrated soil tillage force prediction models. *J. Terramechanics* 44(1):3-14.
- Hoogmoed, W. B. and R. Derpsch. 1985. Chisel ploughing as an alternative tillage system in Parana Brazil. *Soil Tillage Res.* 6:53-57.
- Kichler, C. M., J. P. Fulton, R. L. Raper, W. C. Zech, T. P. Mcdonald and C. J. Brodbeck. 2007. Spatially monitoring tractor performance to evaluate energy requirements of variable depth tillage and implement selection ASABE Annual Meeting 2007 paper 071028.
- Manuwa, S. I. 2009. Performance evaluation of tillage tines operating under different depths in a sandy clay loam soil. *Soil Tillage Res.* 103:399-405.





- Pimentel, D., A. Marklein, A. Toth M., M. Karpoff, S. Paul G., R. McCormack *et al.* 2008. Biofuel impacts on world food supply: Use of fossil fuel, land and water resources. *Energies* 1:41-78.
- Raper, R. L. and J. S. Bergtold. 2007. In-row subsoiling: A review and suggestions for reducing cost of this conservation tillage operation. *Appl. Eng. Agric.* 23:463-471.
- Reynolds C., M. A., S. G. Campos M., M. Cadena Z., J. A. López L. and N. Cuervo P. 2015. Vertical tillage parameters to optimize energy consumption. *Agric. Eng. Int.: CIGR J.* 17(4):130-140.
- Shrisvastava, A. K. and J. Satyendra. 2011. Modification and performance evaluation of tractor draw improved till plant machine under vertisol. *Agric. Eng. Int. CIGR J.* 13(2):1-7.





ZONIFICACIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL (ZEVA) EN LA SUBCUENCA XICO-JALCOMULCO, VERACRUZ, MÉXICO

Gabriel Díaz Padilla^{108*}, Ignacio Sánchez Cohen¹⁰⁹, Rafael A. Guajardo Panes¹⁰⁸ y Rosalío López Morgado¹⁰⁸

Resumen

Aplicando el proceso metodológico IGVRA (Índice Generalizado de Vulnerabilidad Resiliencia Ambiental), se realizó la zonificación cuantitativa de la vulnerabilidad ambiental en la subcuenca Xico-Jalcomulco. Las variables en estudio fueron: vegetación (NDVI=*Normalized Difference Vegetation Index*, por sus siglas en inglés), fisiografía (pendiente del terreno y la altitud) y de clima precipitación, temperatura media y máxima media anual. El NDVI se obtuvo de una imagen Sentinel_2A con resolución de 10 m. Una vez aplicadas las formulas y procesos cartográficos-digitales y de algebra de mapas propuestos en IGVRA, se obtuvieron valores del Zonificación Espacial de la Vulnerabilidad Ambiental (ZEVA) en el rango: -2.03 a 2.74, clasificados en nueve clases de menor a mayor vulnerabilidad. Con dichos valores se elaboró el mapa final del ZEVA. Las partes más bajas de la microcuenca, conformadas por cañadas y mesetas de poca vegetación y cercanas a las márgenes y lechos de los ríos, resultaron vulnerables; y las partes altas, con mayor vegetación y precipitación y menor temperatura, las de más baja vulnerabilidad localizadas en el bosque mesófilo de montaña y cafetales. Las áreas sembradas con cultivos agrícolas resultaron de vulnerabilidad media a alta. Cabe destacar que la información y softwares aquí utilizados son de distribución libre. Los resultados y mapas obtenidos podrían fundamentar la toma de decisiones en la definición de estrategias, para disminuir los impactos ambientales, y/o integrar planes de manejo de los recursos naturales acorde a su grado de vulnerabilidad. El presente trabajo podría mejorarse incorporando el factor humano y el impacto del cambio climático en la evaluación de la vulnerabilidad y resiliencia de la microcuenca.

¹⁰⁸ Sitio Experimental Teocelo. INIFAP. *diaz.gabriel@inifap.gob.mx

¹⁰⁹ Centro de Investigación Disciplinaria Relación Agua Suelo Planta. INIFAP.





Palabras clave: resiliencia, vulnerabilidad, SIG, percepción remota, R(CRAN), QGis, Sentinell

Introducción

La medición y mapeo de la vulnerabilidad ambiental es un componente prioritario en la toma de decisiones y en el manejo y adaptación a los riesgos ambientales que enfrenta una condición geográfica dada. La evaluación ambiental se introdujo en la década de 1960 como una herramienta para evaluar la situación ambiental cualitativa y cuantitativamente (Wang *et al.*, 2008). La identificación de regiones ambientalmente vulnerables es un aspecto significativo en la conservación ecológica y el manejo del medio ambiente (Kim *et al.*, 2016; He *et al.*, 2018). Desde principios de la década de los 90's, varios proyectos han desarrollado índices para medir la vulnerabilidad a los cambios ambientales (Barnett *et al.*, 2008). La evaluación de la vulnerabilidad ecológica es un proceso complicado, y no existe una metodología de aplicación global para su cálculo.

La evaluación ambiental regional a menudo requiere una gran cantidad de información espacial. La percepción remota (PR) y los sistemas de información geográfica (SIG) son capaces de gestionar grandes cantidades de datos espacialmente relacionados y de proporcionar la capacidad de integrar múltiples capas y obtener información adicional (Li *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2008). El proceso para generar un índice de vulnerabilidad generalmente inicia con la identificación de las variables claves, su estandarización o ranqueo, el cálculo matemático del índice y la elaboración del mapa final representando las diferentes clases de vulnerabilidad. Los índices generalmente implican cierta agregación de múltiples subíndices para producir un índice único (Barnett *et al.*, 2008; Maanan *et al.*, 2018). En México, se han logrado avances importantes en el tema de los sistemas socioecológicos, así como en resiliencia y vulnerabilidad (Balvanera *et al.*, 2017). Sin embargo, son pocos los estudios formalmente publicados que reporten la elaboración de mapas que incluyan índices de vulnerabilidad ambiental sobre todo a escalas pequeñas.

Díaz *et al.* (2018) proponen una metodología accesible para el cálculo del Índice Global de Vulnerabilidad Ambiental (IGVRA) que se basa en la aplicación de algoritmos de percepción remota, sistemas de información geográfica y de análisis estadístico. Con esta metodología





se mapea y se clasifican los diferentes rangos de vulnerabilidad. Cabe resaltar que los programas computacionales e información utilizada en este trabajo son de distribución gratuita. Es por lo anterior que el objetivo de presente trabajo es proponer una metodología para evaluar cuantitativamente, zonificar y clasificar el grado de vulnerabilidad en que se encuentran los recursos naturales de una zona dada, con énfasis en regiones pequeñas e integrando algoritmos de PR, SIG y análisis estadístico.

Materiales y métodos

Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra localizada en la parte central y montañosa de la zona centro del estado de Veracruz, y corresponde a un gradiente altitudinal que va de partes altas, caracterizadas por vegetación de bosque mesófilo de montaña y sembradíos de café, hasta partes bajas, donde predominan selvas caducifolias y áreas cultivadas con caña de azúcar y frutales tropicales en el que sobresale el mango. La ubicación geográfica, localidades importantes y caracterización hidrológica se pueden apreciar en la Figura 1. La extensión total de la zona es de aproximadamente 450 km² (45,000 ha), con 30 km de largo y 15 km de ancho.

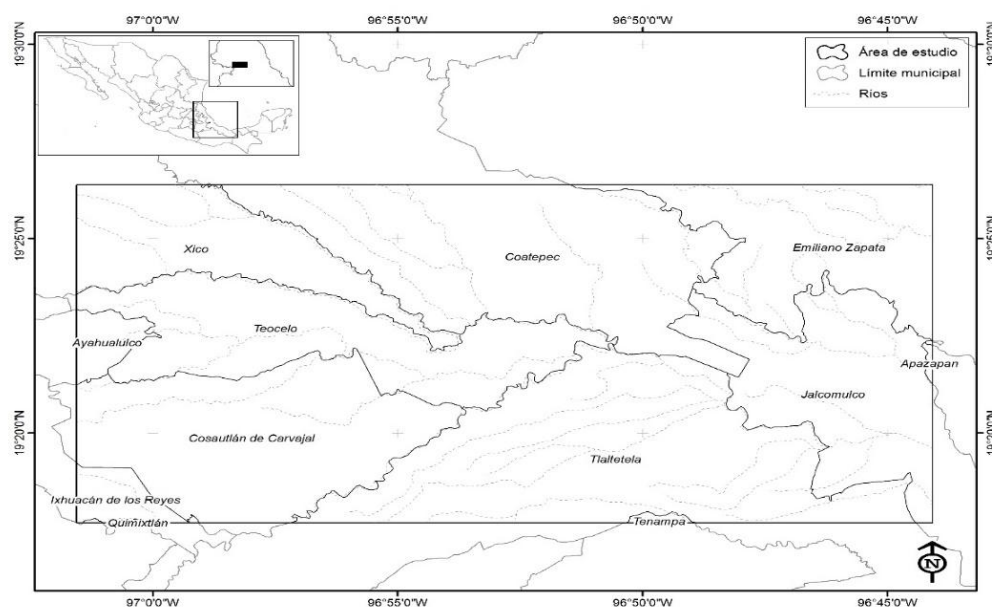


Figura 1. Localización geográfica, división municipal e hidrología superficial de la zona de estudio.
Fig 1. Localización geográfica, división municipal e hidrología superficial de la zona de estudio.





Proceso metodológico para el cálculo del ZEVA

El NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*, por sus siglas en inglés) uno de los índices más usados para determinar la presencia y sanidad de la vegetación existente en el terreno, se realizó de acuerdo con lo descrito por Díaz *et al.* (2018). Para ello se tomó como base una imagen satelital Sentinel-2A cuyo tamaño de pixel es de 10x10 metros, con el plugin: *Semi-Automatic Classification* de QGIS (QGIS Development Team, 2009). El cálculo del NDVI se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

que expresa la diferencia entre la reflectancia de las bandas 4 (infrarrojo cercano) y 3 (visible – rojo) dividido por la suma de la reflectancia de estas dos bandas. El uso de NDVI en la evaluación de índices de vulnerabilidad ambiental presenta tres grandes ventajas que son: cobertura, periodicidad (permite su integración en el tiempo) y alta resolución espacial, por lo que se ha convertido en un importante insumo en la generación de índices de vulnerabilidad ambiental (Nguyen *et al.*, 2015; Jin y Wang, 2016).

En cada uno de los pixeles de la imagen, mediante la herramienta de SAGA (Conrad *et al.*, 2015) incorporada en QGIS: *raster values to points* se definieron cada uno de los centroides de cada pixel, generando una imagen de tipo vectorial. Para ello se utilizó la herramienta *add raster values to points*, a la cual se le adicionaron los valores correspondientes de las variables temperatura y precipitación media anual, altitud, pendiente, erosión y el NDVI, conformando una base de datos cercana a los 5 millones de filas y 6 columnas, para manejar esta información se utilizó el software de distribución libre R (R Core Team, 2018), que soporta grandes volúmenes de información donde se realizó la depuración, validación y corrección de base de datos. Para estandarizar las variables analizadas y obtener los subíndices de cada variable, con excepción del NDVI cuyo rango es de -1 a 1, las restantes variables se estandarizaron utilizando la fórmula Mini-Max descrita a continuación:

$$Sub(i) = \frac{X(i) - \min(X)}{\max(X) + \min(X)}$$

Donde X_i corresponde al valor i -ésimo de la variable X , al cual se le sustrae su mínimo y se divide entre la suma del valor mínimo de X ($\min(x)$) más el valor máximo de X ($\max(X)$) lo que resulta en valores estandarizados en el rango 0 a 1.





Fórmula de cálculo del ZEVA

El cálculo del ZEVA se basa en la metodología del IGVRA (Díaz *et al.*, 2018) sin embargo, en el presente estudio no fue posible utilizar la erosión potencial de terreno ya que no está disponible para la zona de estudio. No obstante, para el presente estudio se integró en el cálculo la temperatura máxima media anual, como se describe en la fórmula presentada a continuación:

$$ZEVA = \left[ndvi + \frac{p_{ij}}{\max[P]} + \frac{a_{ij}}{\max[A]} \right] - \left[\frac{tma_{ij}}{\max[Tma]} + \frac{pen_{ij}}{\max[PEND]} + \frac{tmax_{ij}}{\max[TMAX]} \right]$$

ZEVA = Zonificación Espacial de la Vulnerabilidad Ambiental

ndvi = índice normalizado de vegetación

p = Matriz de precipitación media anual

a = Matriz de altitud

tma = Matriz de temperatura media anual

pend = Matriz de pendiente en porcentaje

TMAX = Matriz del promedio de las temperaturas máximas

Subíndice ij = Refiere a la posición del pixel p , a , t , pen o $tmax$ ubicado en la fila i , columna j .

Max = Valor máximo de la variable en la matriz

El rango de valores que puede tomar el ZEVA va de -3, lo más vulnerable a 3 lo menos vulnerable, considerando los valores máximos y mínimos que pueden tomar las variables analizadas.

Resultados y discusión

La zona se caracteriza por presentar un gradiente altitudinal que va de los 304 a los 1,952 metros sobre el nivel medio del mar (Cuadro 1), dicho gradiente ocasiona diferentes cambios en la cantidad de precipitación que incide en la zona acentuándose esta, en la parte noroeste donde la precipitación media anual alcanza cerca de los 2,000 mm, correspondiendo a las partes más altas de la zona, hasta los 1,000 mm que se presentan en las partes bajas de la microcuenca. La altitud, incide también en la temperatura superficial de la microcuenca, acentuándose esta en las partes bajas donde llega a los 30 ó 31°C de temperatura máxima





media anual a cerca de 18°C que se presentan en las partes más bajas. Respecto al NDVI, sus rangos fueron de -0.2504, que corresponde a las zonas de menor cubierta vegetal incluso suelos desnudos, hasta 0.7791, que corresponde a las zonas de mayor vegetación y podría ser hasta más sana y que se presenta en las partes intermedias a altas en la subcuenca y que caracteriza al bosque mesófilo de montaña o zonas de cafetal presente en la zona. Esta variable es de suma importancia en el estudio ya que proporciona una idea de la vegetación presente y su sanidad. La pendiente del terreno en la zona es de 23% que corresponde a zonas de pendiente abrupta o muy escarpada, no apta para los cultivos, no obstante, se presentes en la zona todos los rangos de pendiente que van desde las someras, donde se siembra caña de azúcar, hasta los escarpadas o muy escarpadas propias de los cañones y zonas montañosas que inciden en la subcuenca.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de las variables analizadas.

Variable	Unidades	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
NDVI	Adimensional	0.5257	0.1208	-0.2504	0.7791
Temperatura media anual	°C	21.14	1.25	17.82	24.13
Temperatura máxima media anual	°C	27.33	1.21	24.15	30.41
Precipitación media anual	mm	1562	271	1018	1346
Altitud	m	888	239	304	1952
Pendiente	%	23	25	0	>100

Por otra parte, la longitud y la altitud, principalmente, ocasionan que se presenten diversas correlaciones entre variables (Cuadro 2). Por ejemplo, se encontró correlaciones muy elevadas entre la longitud y la precipitación (-0.96) así como con la temperatura, precipitación y pendiente. La asociación negativa de la temperatura máxima y media con la altitud, se manifiesta con la alta correlación entre estas variables (-0.9910 y -0.9885 respectivamente). El NDVI presenta asociación media y positiva con la precipitación y negativa con la temperatura. De lo anterior sería conveniente evaluar algunos modelos predictivos que pudieran subsanar la falta de datos de algunas de estas variables y algunas veces necesarios en la elaboración de trabajos científicos.



Cuadro 2. Matriz de correlaciones de las variables en estudio

Variables	Longitud	Latitud	ndvi	pma	tma	tmax	Altitud	Pendiente
Longitud	1.0000	0.0000	-0.3579	-0.9614	0.8755	0.8482	-0.8729	-0.0081
Latitud		1.0000	0.0869	-0.1697	-0.2182	-0.2393	0.1979	-0.1346
NDVI			1.0000	0.3084	-0.3198	-0.3009	0.3100	0.2127
pma				1.0000	-0.7878	-0.7664	0.7894	0.0103
tma					1.0000	0.9961	-0.9910	0.1193
tmax						1.0000	-0.9885	0.1384
Altitud							1.0000	-0.1198
Pendiente								1.0000

Parte fundamental en la implementación de la metodología IGvRA es la imagen del Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por sus siglas en inglés). En la Figura 2 se pueden apreciar los detalles de la vegetación de la zona es decir el verdor o la biomasa presente en el momento de la toma de imagen (9 de abril del 2018). Se puede observar que hacia el límite oeste de la imagen existe un incremento del NDVI, el cual disminuye hacia la parte este que corresponde a las partes bajas de la zona.

Debido a la resolución de la imagen de tamaño de pixel de 10 m es posible apreciar a simple vista las localidades y su área urbana, las carreteras, los ríos y corrientes superficiales y las zonas agrícolas cercanas a Mahuixtlan y Tuzamapan que corresponde a las siembras de caña en la subcuenca (Figura 2).

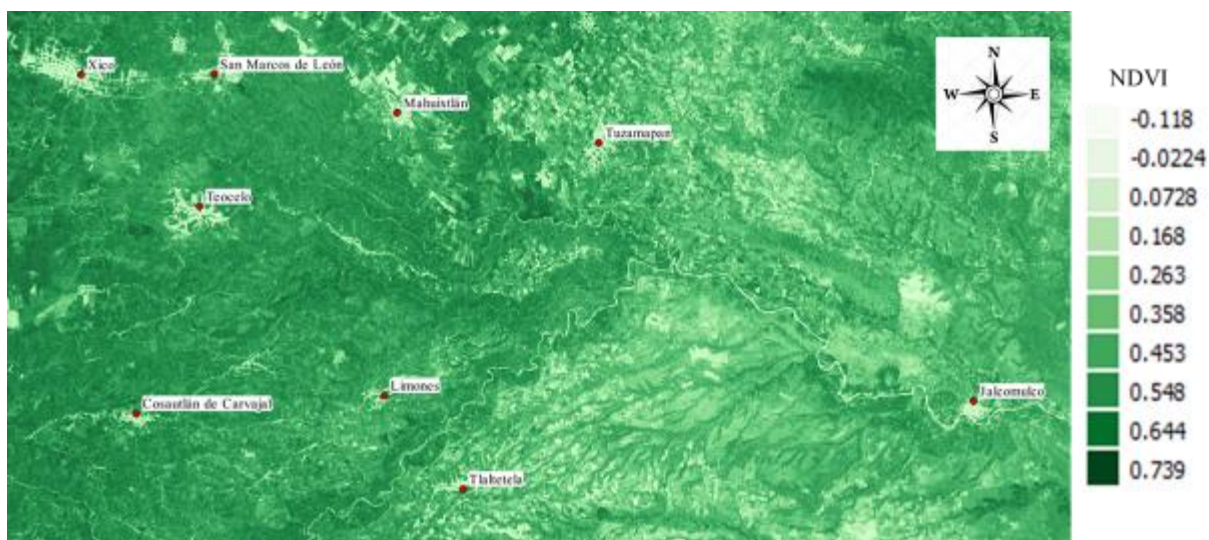


Figura 2. Imagen del NDVI para la zona de estudio.



Los resultados esperados encontrados para el ZEVA pueden apreciarse en el Cuadro 3, y en la Figura 3. Se observa que destaca la presencia de valores negativos que corresponde a las zonas de mayor vulnerabilidad en la zona de estudio, esto es a menor ZEVA mayor vulnerabilidad presente. Por el contrario, los valores más elevados de ZEVA corresponderán a las zonas de menor vulnerabilidad o mayor resiliencia, esto es que pueden sobreponerse al riesgo o recobrar su estado normal después de haber sido impactados por algún evento extraordinario.

Cuadro 3. Categorización del IGVRA por vulnerabilidad y resiliencia

Zona	Clasificación Vulnerabilidad-Resiliencia	Minino	Máximo	promedio
1	Extremadamente Vulnerable	-2.0328	-1.5321	-1.7825
2	Altamente Vulnerable	-1.5321	-1.0313	-1.2817
3	Muy Vulnerable	-1.0313	-0.5305	-0.7809
4	Vulnerable	-0.5301	-0.0298	-0.2799
5	Muy Poco Vulnerable	-0.0298	0.4710	0.2206
6	Resiliente	0.4710	0.9718	0.7214
7	Muy Resiliente	0.9718	1.4725	1.2221
8	Altamente Resiliente	1.4725	1.9733	1.7229
9	Extremadamente Resiliente	1.9733	2.4741	2.2237

Se puede apreciar en la misma Figura 3, que las zonas más vulnerables corresponden a las cañadas donde se presentan los mayores escurrimientos superficiales y los márgenes de los ríos que se acentúan en la parte este de la región culminando en las cercanías de Jalcomulco, donde incide el río Los Pescados. Las zonas menos vulnerables o más resilientes se localizan en la parte oeste de la subcuenca y corresponde a zonas de mayor incidencia de vegetación del tipo bosque mesófilo de montaña o zonas de cafetales en las cercanías de Xico, Teocelo y Cosautlán de Carvajal. Al norte de Jalcomulco se presenta una zona compacta en forma de círculo de alta vulnerabilidad, esta zona corresponde a la presencia de cultivos anuales o perenes, especialmente caña de azúcar.

De lo anterior se desprende la importancia de cuidar las zonas boscosas o de mayor vegetación ubicadas en las partes intermedia a altas, las cuales, en general se consideran como altamente vulnerables; sin embargo, al compararlas con otras zonas, como las de las partes bajas de las microcuenca, resultan menos vulnerables, ya que las selvas bajas



además de corresponder a zonas de menor vegetación enfrente problemas de menos precipitación y mayor temperatura, por lo que están más sujetas a problemas de déficit de precipitación, por su mayor capacidad evapotranspirativa.

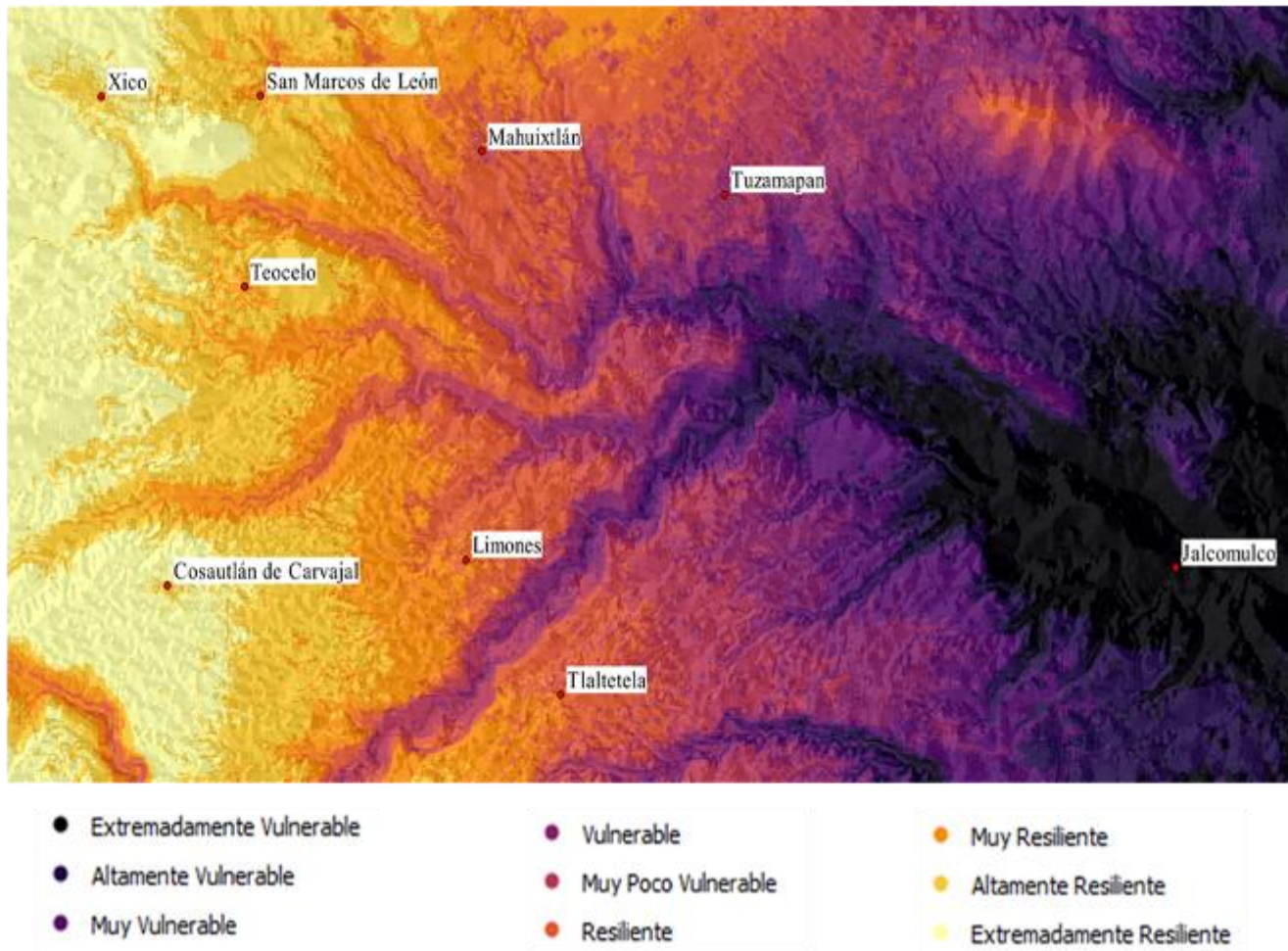


Figura 3. Índice Global de Vulnerabilidad-Resiliencia (IGVRA) en el transecto Teocelo-Jalcomulco, Veracruz-México.

Conclusiones

1. Mediante la aplicación de la metodología IGVRA, se identificaron, zonificaron y clasificaron las zonas de mayor a menor vulnerabilidad en la subcuenca Xico-Jalcomulco. Dicha metodología resultó económica ya que los materiales y softwares utilizados son gratuitos,



además de que su implementación sobretodo matemática es accesible. Algo importante en próximos estudios es la incorporación del factor humano y la modelación de escenarios de cambio climático y su impacto en la vulnerabilidad y resiliencia en la zona de estudio.

Literatura citada

- Balvanera, P., M. Astier, D. Gurri y H. Zermeño. 2017. Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:141-149.
- Barnett, J., S. Lambert and I. Fry. 2008. The hazards of indicators: Insights from the Environmental Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers* 98(1):102-119.
- Conrad, O., B. Bechtel, M. Bock, H. Dietrich, E. Fischer, L. Gerlitz et al. 2015. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geoscientific Model Development* 8(7):1991-2007.
- Diaz, P. G., I. Sánchez C., R. A. Guajardo P. y M. Barbosa F. 2018. Modelación espacial del Índice Global de Vulnerabilidad-Resiliencia Ambiental (IGVRA) en la subcuenca San Francisco, Oaxaca, México. (En prensa).
- He, L., J. Shen and Y. Zhang. 2018. Ecological vulnerability assessment for ecological conservation and environmental management. *Journal of Environmental Management* 206:1115-1125.
- Jin, J. and Q. Wang. 2016. Assessing ecological vulnerability in western China based on Time-Integrated NDVI data. *Journal of Arid Land* 8(4):533-545.
- Kim, A., Y. Liou, M. Li and T. Anh. 2016. Zoning eco-environmental vulnerability for environmental management and protection. *Ecological Indicators* 69:100-117.
- Li, A., A. Wang, S. Liang and W. Zhou. 2006. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS — A case study in the upper reaches of Minjiang River, China. *Ecological Modelling* 192:175-187.





- Maanan, M., M. Maanan, H. Rueff, N. Adouk, B. Zourarah and H. Rhinane. 2018. Assess the human and environmental vulnerability for coastal hazard by using a multi-criteria decision analysis. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 7039.
- Nguyen, U., E. P. Glenn, P. L. Nagler and R. L. Scott. 2015. Long-term decrease in satellite vegetation indices in response to environmental variables in an iconic desert riparian ecosystem: The Upper San Pedro, Arizona, United States. *Ecohydrology* 8(4):610-625.
- QGIS Development Team. 2009. QGIS Geographic Information System. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Wang, X. D., X. H. Zhong, S. Z. Liu, J. G. Liu, Z. Y. Wang and M. H. Li. 2008. Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau : Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments* 72:1929-1939.





VALIDACIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ DE GRANO LARGO DELGADO EN EL CENTRO DE VERACRUZ

Valentín A. Esqueda Esquivel^{110*}, José Alfredo Jiménez Chong¹¹¹ y Oscar Hugo Tosquy Valle¹¹⁰

Resumen

Durante el ciclo de primavera-verano de 2017, en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, ubicado en el municipio de Medellín, en la parte central del estado de Veracruz, se condujo una parcela de validación de líneas sobresalientes de arroz de grano largo delgado, con la finalidad de verificar su comportamiento productivo a nivel semi-comercial. Se validaron las líneas: NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu, NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu, FL05394-2P-1P-1P-M y NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu, utilizando la variedad Choca A-05, liberada por el INIFAP, como testigo comercial. Cada genotipo se sembró en una superficie de 540 m² (36 m de largo x 15 m de ancho), en surcos separados a 0.30 m. El cultivo se desarrolló exclusivamente en condiciones de temporal. La fertilización y el control de malezas y plagas de la parcela se realizaron de acuerdo a las recomendaciones indicadas en los paquetes tecnológicos del INIFAP para el estado de Veracruz. Se cuantificaron: el porcentaje de plantas de acamadas, los días a madurez de cosecha y el rendimiento de arroz palay al 14% de humedad. Para estimar el rendimiento de grano de cada genotipo, se realizaron cuatro muestreos de cinco surcos de 5 m de longitud, seleccionados al azar. Se realizó análisis de varianza del rendimiento de grano y para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad de error. FL05394-2P-1P-1P-M, Choca A-05 y NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu fueron los genotipos con más problemas de acame, con 15, 20 y 70% de plantas acamadas, respectivamente. La madurez a cosecha varió de 133 a 149 días, siendo NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu el genotipo más tardío. Los rendimientos más altos se obtuvieron con las líneas NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu (4,751.7 kg/ha) y FL05394-2P-1P-1P-M

¹¹⁰ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *esqueda.valentin@inifap.gob.mx

¹¹¹ Campo Experimental Huimanguillo. INIFAP





(4,511.0 kg/ha), las cuales superaron el rendimiento promedio de arroz de temporal en el estado de Veracruz. Sin embargo, debido a que FL05394-2P-1P-1P-M tiene problemas de acame, sólo NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu reúne las características agronómicas para su liberación y registro como variedad comercial.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., acame, madurez de cosecha, rendimiento

Introducción

En México, el arroz se siembra tanto en condiciones de riego, como de temporal. En 2017, en el país se sembraron 41,173 ha con arroz, siendo Campeche, Nayarit, Veracruz, Michoacán y Jalisco los principales estados productores (SIAP, 2018). La variedad con mayor superficie de siembra es Milagro Filipino, que originalmente provino de la línea IR-8 desarrollada por el IRRI en Filipinas (Ortega *et al.*, 2014), pero que con el paso del tiempo se ha ido modificando debido a procesos de selección realizados por los productores. Es una variedad de grano oblongo medio, con panza blanca y baja calidad molinera, que además es susceptible a deficiencias de humedad y a las principales enfermedades del cultivo, como la quema del arroz y el manchado de grano (García *et al.*, 2010).

Debido a que, en la actualidad en México, la mayor demanda de arroz es de granos largos delgados, el INIFAP ha conducido proyectos para desarrollar variedades con ese tipo de grano, con resistencia a enfermedades y buena adaptación a las condiciones agroecológicas de las principales áreas productoras del país. De esta manera, recientemente se liberaron las variedades INIFLAR R, que tiene mejor adaptación en condiciones de riego (Hernández *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2016), e INIFLAR RT, que se desarrolla bien, tanto en condiciones de riego, como de temporal (Hernández *et al.*, 2015; Barrios *et al.*, 2016). Posteriormente se liberaron las variedades Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, ambas para condiciones de riego (Hernández *et al.*, 2017).

Para liberación de una variedad, la validación de su comportamiento agronómico en condiciones de manejo comercial, determinan si una línea avanzada tiene las características agronómicas para liberarse (Pérez *et al.*, 2002). En el 2015, en los estados de Tabasco,





Veracruz, Campeche y Colima, el INIFAP inició el proyecto titulado “Mejoramiento genético del nuevo arroz de temporal para contrarrestar el efecto del cambio climático en el trópico húmedo de México”. Los estudios de evaluación de los genotipos realizados en este proyecto, permitieron identificar líneas sobresalientes de arroz de grano largo delgado, por su alto rendimiento y resistencia a enfermedades y a deficiencias de humedad. El objetivo de este trabajo fue validar el comportamiento productivo a nivel semi-comercial, de cuatro de líneas seleccionadas, que muestran potencial para liberarse como variedades comerciales en corto plazo.

Materiales y métodos

El 22 de junio de 2017, al inicio del temporal del ciclo primavera-verano, se estableció la parcela de validación en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, localizado en el municipio de Medellín, Ver., a 18°55'58.53" de latitud norte, 96°11'39.84" de longitud oeste y 19 m de altitud. El tipo de suelo corresponde a un Vertisol de fertilidad media, textura arcillosa y pendiente muy ligera. El clima de la localidad es Aw" (w)(g), que corresponde a cálido sub-húmedo, con una precipitación pluvial media anual de 1,350 mm y una temperatura media anual de 25°C (García, 1987).

Se validaron las líneas: NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu, NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu, FL05394-2P-1P-1P-M y NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu, utilizando como testigo a la variedad Choca A-05, liberada en el estado de Tabasco por el INIFAP (Jiménez *et al.*, 2010). La siembra se realizó en forma manual “a chorrillo”, a una densidad de siembra de 120 kg de semilla por hectárea, en surcos separados a 30 cm. Cada genotipo ocupó una superficie de 540 m² (36 m de largo x 15 m de ancho). Al momento de la siembra, la parcela se fertilizó al voleo con 100 kg/ha del fertilizante 18-46-00.

Doce días después de la emergencia del cultivo (DDE), para el control de zacates y malezas de hoja ancha, se aplicó la mezcla de los herbicidas bispiribac-sodio + pendimetalina + 2,4-D en dosis de 30 + 1,200 + 360 g/ha, utilizando un surfactante no iónico en dosis equivalente a 125 mL/100 L de agua. A los 28 DDE se realizó la aplicación de la mezcla de herbicidas fenoxaprop-*p*-etil + pendimetalina + bentazon en dosis de 67.5 + 1,200 + 960 g/ha, utilizando





el mismo surfactante a la misma dosis. En esa ocasión, también se aplicó cipermetrina en dosis de 50 g/ha para el control de gusanos. Se realizaron dos fertilizaciones nitrogenadas: a los 50 y 75 DDE. En ambas ocasiones se aplicó el equivalente a 85 kg de nitrógeno, utilizando urea como fuente nutrimental.

La cosecha se realizó de acuerdo a la época de maduración de los genotipos. En cada uno de ellos se realizaron cuatro muestreos en donde se cortaron y trillaron las plantas de cinco surcos de 5 m de longitud seleccionados al azar. El grano cosechado se limpió, se pesó, se le determinó su humedad y se estimó el rendimiento de arroz palay en kilogramos por hectárea al 14% de humedad. Los datos de rendimiento se analizaron en diseño experimental completamente al azar, considerando cada muestreo como una repetición. Para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS, $\alpha=0.05$).

Resultados y discusión

Durante la etapa de llenado de grano, se produjo acame de plantas en algunos genotipos. NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu no presentó plantas acamadas, NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu mostró sólo 4% de plantas acamadas, mientras que FL05394-2P-1P-1P-M, Choca A-05 y NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu, tuvieron 15, 20 y 70% de plantas acamadas, respectivamente. El acame del arroz se presenta principalmente durante las etapas de floración y maduración del grano, lo que ocasiona bajos rendimientos, debido a que el grano no llena normalmente a causa de enfermedades, interrupción del sistema de transporte de nutrientes y por pérdidas durante la cosecha; además se reduce la calidad molinera, debido a la fragilidad del grano (Ruíz y Centeno, 2007; Ortiz, 2016).

Las plantas de NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu, FL05394-2P-1P-1P-M y Choca A-05 alcanzaron su madurez de cosecha en menor tiempo, que NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu y NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu, la cual fue sumamente tardía (Cuadro 1), por lo que, en condiciones de temporal, puede sufrir por escasez de humedad durante la etapa de floración y llenado del grano, afectando el rendimiento (Nokkoul y Wichitparp, 2014). A su





vez, los genotipos con ciclos más cortos pueden escapar a condiciones de deficiencias de humedad (Lafitte y Courtois, 2002).

Los genotipos variaron significativamente en el rendimiento de grano; NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu fue la línea más productiva, con rendimiento similar al de FL05394-2P-1P-1P-M y superior al del resto de los genotipos. La segunda línea tuvo un rendimiento similar al de la variedad Choca A-05. Por otra parte, el rendimiento de NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu fue inferior a 4 t/ha y el de NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu, inferior a 3 t/ha (Cuadro 1). Ninguno de los genotipos mostró ataque de piricularia o manchado del grano.

Cuadro 1. Días a cosecha y rendimiento de arroz palay de cinco genotipos de arroz validados en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP.

Genotipo	Días a madurez de cosecha	Rendimiento de arroz palay al 14% de humedad (kg/ha)	DMS (0.05)
NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu	133	4,751.7	a
FL05394-2P-1P-1P-M	133	4,511.0	ab
Choca A-05 (testigo)	133	4,236.7	b
NAT09-MM-13Hu-6Hu-8Hu-1Hu-0Hu	149	3,614.3	c
NAT08-MM-22Hu-49Hu-2Hu-4Hu-0Hu	137	2,970.0	d

NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu y FL05394-2P-1P-1P-M tuvieron rendimientos superiores al rendimiento promedio estatal en condiciones de temporal, que es de alrededor de 4 t/ha (Esqueda, 2017), por lo que ambas pueden ser candidatas para su liberación como nuevas variedades, aunque en el caso de la segunda línea, primero es conveniente determinar las causas de su mediana susceptibilidad al acame.

Conclusiones

1. NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu y FL05394-2P-1P-1P-M mostraron altos rendimientos de arroz palay, superiores al promedio estatal registrado en este cultivo en





condiciones de temporal en el estado de Veracruz. 2. NAT10-MM-13Hu-13Hu-1Hu-3Hu-0Hu reúne las características agronómicas, para liberarse como variedad comercial.

Literatura citada

- Álvarez, H. J. C., L. M. Tapia V. y L. Tavitas F. 2016. INIFLAR R, nueva variedad de arroz de grano largo delgado para regiones productoras de riego en México. REMEXCA. Publicación Especial No. 17:3649-3654.
- Barrios, G. E. J., L. Hernández A., L. Tavitas F., R. Ortega A., J. A. Jiménez C., L. M. Tapia *et al.* 2016. INIFLAR RT, variedad de arroz de grano delgado para México. REMEXCA 7(4):969-976.
- Esqueda, E. V. A. 2017. Arroz de temporal. p. 9-13. *In:* Zetina, L. R. y S. Uribe G. (comps.). Agenda Técnica Agrícola Veracruz. SAGARPA. COFUPRO. INIFAP. Ciudad de México, México.
- García, A. J. L., J. A. Jiménez C., L. Tavitas F. y L. Hernández A. 2010. Selección de líneas de arroz bajo temporal en la región central del Golfo de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(1):6-17.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 130 p.
- Hernández, A. L., L. Tavitas F. y P. Alberto C. (comps.). 2015. Paquetes tecnológicos para el cultivo de arroz en México. Folleto Técnico No. 87. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor., México. 85 p.
- Hernández, A. L., L. Tavitas F., R. Ortega A., V. A. Esqueda E., J. A. Jiménez C. *et al.* 2017. “Pacífico FL 15” y “Golfo FL 16”, variedades multi-ambientales de arroz de grano extra largo y su cultivo en las vertientes del Pacífico y Golfo de México. Folleto Técnico No. 102. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor., México. 64 p.





- Jiménez, C. J. A., L. Hernández A., L. Tavitás F., E. N. Becerra L., E. A. Ayón R. y J. L. García A. 2010. Choca A-05: variedad de arroz de temporal para la región central del Golfo de México. Folleto Técnico No. 68. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tab., México. 28 p.
- Lafitte, R. H. and B. Courtois. 2002. Interpreting cultivar x environment interactions for yield in upland rice: assigning value to drought-adaptative traits. *Crop Sci.* 42(5):1409-1420.
- Nokkoul, R. and T. Wichitparp. 2014. Effect of drought condition on growth, yield and grain quality of upland rice. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 9(3):439-444.
- Ortega, A. R., L. Hernández A. y R. Martínez P. 2014. “El Silverio”, nueva variedad de arroz para el estado de Colima. Desplegable para Productores No. 7. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Col., México.
- Ortiz, Z. J. D. 2016. Comparación técnico-económico del trasplante tradicional vs el trasplante en hileras del arroz (*Oryza sativa* L.) en Bellavista – San Martín. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima, Perú. 120 p.
- Pérez, N., M. C. González y R. I. Castro. 2002. Validación de nuevas variedades cubanas de arroz (*Oryza sativa* L.) para la provincia de Pinar del Río. *Cult. Trop.* 23(2):51-54.
- Ruíz, E. S. y N. G. Centeno V. 2007. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 38 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Año agrícola 2017. Riego + temporal. Arroz palay.
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do
[consultado el 9 de agosto de 2018].





ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN CONTEXTOS REGIONALES DE LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE MÉXICO

Rosalío López Morgado^{112*}, Rafael Alberto Guajardo Panes¹¹², Gabriel Díaz Padilla¹¹², Modesto Carlos Castillo Guerrero¹¹³ y Luis Eduardo García Mayoral¹¹²

Resumen

La cafeticultura en México ha experimentado una fuerte caída en sus volúmenes de producción, atribuido principalmente a la vulnerabilidad del sector hacia la volatilidad del precio internacional y a la severidad de la roya del cafeto a partir del ciclo de cultivo 2012-2013. Sin embargo, el efecto de la contracción del sector cafetalero y su repercusión en los niveles de pobreza y marginación social no ha sido debidamente analizado como factor detonante de la crisis del café en el país. Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo de medir el comportamiento productivo de las regiones cafetaleras de México y su relación con la pobreza. Para ello, se consultó y analizó la base de datos de producción de café del SIAP-SAGARPA en el periodo 1980-2015. Los resultados indican que la tendencia a la baja de la producción se observa, tanto a nivel nacional como estatal, antes de la reaparición de la roya. A fin de comprender más este fenómeno de la producción de café a nivel regional y municipal, se generó un Índice Municipal de Producción de Café (IMPC) dentro de los principales estados productores (Chiapas, Veracruz, Puebla, Oaxaca y Guerrero). El IMPC se contrastó con el Índice de Rezago Social (IRS), a fin de observar el papel de esta variable como posible causa de la baja productividad de café a nivel municipal y regional, ya que sólo la severidad de la roya y la situación técnica de los cafetales han sido el argumento que hasta ahora, de manera más enfática, fundamenta la caída de la producción de café en México. Los “grupos” más numerosos de municipios están dentro de IRS’s alto, donde estos mismos municipios pueden presentar IMPC’s alto, medio o bajo.

Palabras clave: niveles de producción, tendencias, crisis del sector, índice de productividad

¹¹²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. * lopez.rosalio@inifap.gob.mx

¹¹³ Prestador de Servicios Profesionales por proyecto.





Introducción

La cafeticultura en México ha experimentado una fuerte caída en sus volúmenes de producción, atribuido principalmente a la volatilidad del precio internacional, lo que lo hace no atractivo a nuevas inversiones. Además, que la severidad de la roya impacta directamente en el rendimiento (López, 2017). Se considera que ambos factores han sido las principales causas de una disminución significativa de la dinámica económica en las regiones productoras de café. Por otra parte, el rezago social de los espacios geográficos cafetaleros también contribuye a explicar la caída de la producción de café en el país (Figueroa *et al.*, 2015). El rendimiento promedio de café disminuyó de 1985 a 2015. Presentó una caída sostenida promedio de alrededor de un quintal por quinquenio. Debido a ello, la producción nacional de café ha pasado de 5 millones de sacos de 60 kilos en el año 2000, a tan solo 2.2 millones de sacos en el ciclo 2014-2015, lo cual equivale a una reducción de más del 50% de la producción de café del país (López, 2017).

Los efectos económicos y sociales de la cafeticultura son considerables, sobretodo en el medio rural, donde cerca de 300 mil familias dependen de este cultivo (Escamilla, 2007). Sin embargo, la repercusión social asociada a la desaceleración económica del sector no ha sido debidamente considerada como una causa del bajo rendimiento y producción.

Desde el punto de vista de oferta ambiental, el país cuenta con una superficie considerable de potencial productivo para cultivar y producir café. En el sur-sureste del país, los estados comprendidos en la macroregión “Vertiente al Golfo de México” (Puebla y Veracruz); se caracterizan por altitud óptima y precipitaciones suficientes para satisfacer la demanda de humedad del cultivo de café, ya que también, de diciembre a febrero, se registran abundantes lloviznas invernales. Los estados de Guerrero y Oaxaca, comprendidos dentro de la gran región “Vertiente al Pacífico”, la característica común es el déficit de precipitación para surtir la demanda de agua en el suelo por parte del cultivo de café, al registrarse de seis a siete meses continuos de sequía (noviembre-mayo), condición que se aprovecha para un buen secado cafés naturales y logro de cafés diferenciados; sobre todo en Guerrero. El Soconusco, comprende la Sierra Madre de Chiapas, tiene precipitaciones que van de los 2500 a los 5000 mm anuales; con prácticamente ningún mes seco (< 100 mm). Mientras que el centro-norte de Chiapas (zonas de montaña del oriente y norte del estado) se





caracterizada por periodos de déficit hídrico y altitudes que alcanzan los 1700 m, por lo que cuenta con amplias zonas con alta aptitud productiva para el logro de producción rentable y diferenciada por alturas en la producción de café (Díaz *et al.*, 2013a).

De modo que al considerar los alcances socioeconómicos del café y sus particularidades regionales (poco explotadas), se justifica un esfuerzo para contribuir con el desarrollo sustentable de esta actividad en México, a fin de que un plan de producción, con variantes regionales, pueda ser difundido y practicado (López *et al.*, 2013). Con base en lo anterior, el presente trabajo analizó el comportamiento de las cifras de producción de café a nivel nacional, estatal y municipal en el periodo 1980-2015 con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo del café en las regiones productoras del grano en México y su relación con la pobreza.

La mayor parte del contenido del presente trabajo, como la metodología y los resultados, está contextualizado por la importancia del cultivo en cuanto a la superficie de cafetales y la producción lograda en espacios localizadas principalmente en zonas de alta y muy alta marginación (Figuroa *et al.*, 2015). Los resultados del análisis y sus conclusiones abordan la caída de la producción de café en México explicada por los niveles del precio internacional, el agotamiento de los cafetos, la agresividad de la roya y el consecuente nivel de ingresos de los productores.

Materiales y métodos

En la metodología se asumió el método descriptivo, a partir de la revisión documental, desde la elección del tema, determinación de objetivos y acopio de bibliografía relacionada. Se consultaron los datos anualizados de la estadística básica agrícola, de 1980 a 2015, sobre la superficie cosechada, la producción y el rendimiento promedio de café cereza (SIAP, 2018). Las bases de datos fueron analizadas bajo el programa de cómputo M. S. office Excel® 2016, obteniendo estadísticas descriptivas a nivel nacional, estatal y municipal, para obtener una tabla de distribución de frecuencias (TDF). De ésta se contemplaron sólo los estados que aportan en conjunto más del 90% de la producción nacional de café considerando el último año agrícola. Una vez identificados los principales estados productores, se graficaron





las series de tiempo de los rendimientos, a nivel nacional y estatal, considerando que una tonelada de café cereza equivale a 4 quintales por hectárea (Qq/ha.). Por la cantidad y fluctuación de los datos se aplicó sobre las series de tiempo un análisis de tendencia polinómica en función del número de máximos y mínimos en la curva.

A nivel municipal, se consultaron los datos anuales de la estadística básica agrícola de la superficie cosechada, la producción y el rendimiento promedio de café cereza del 2003 a 2015 (SIAP, 2018). Los datos municipales fueron organizados, y reagrupados en regiones cafetaleras, con la finalidad clasificar el espacio geográfico de acuerdo a uno o varios atributos. Para generar la regionalización cafetalera de los cinco estados principales de México se partió de revisión de fuentes de información secundaria y consulta de expertos en el sistema-producto café, la clasificación regional por estado fue sistematizada en el software computacional arcmap versión® 10.3.0. y los rendimientos clasificados para los tres últimos quinquenios. Basados en los promedios de la superficie cosechada (ha), la producción (t) y el rendimiento (t/ha). Se generó el Índice Municipal de Productividad de Café (IMPC) de acuerdo con la metodología descrita por Díaz *et al.* (2013b).

$$IMPC = \frac{ISC + IP + IR}{3}$$

Donde

IMPC= Índice Municipal de Productividad de Café

ISC= subíndice de superficie cosechada ($ISC = \frac{C_m}{C_{max}}$)

IP= subíndice de producción ($IP = \frac{P_m}{P_{max}}$)

IR= subíndice de rendimiento ($IR = \frac{R_m}{R_{max}}$)

Para ello se promediaron los años y se identificó el valor más alto de cada variable (superficie cosechada, producción y rendimiento) en los municipios de cada uno de los cinco estados, se calculó el subíndice de superficie cosechada (ISC) dividiendo los valores de cada variable, de cada municipio, entre el valor máximo encontrado a nivel estatal. Con estos cálculos aritméticos se estratificaron los municipios a fin de resumir la información de todas las variables comprendidas en el análisis, en una medida unidimensional que permitiera clasificar las observaciones en grupos homogéneos internamente y disímiles entre sí. Estableciéndose un número de intervalos de clase, mediante la técnica que propone Wilks





(1995) y Emerson y Hoaglin (1983), quienes sugieren que la amplitud del rango puede calcularse con el siguiente algoritmo.

$$w \cong \frac{c(IQR)}{n^{1/3}}$$

Donde:

w = número de intervalos en los que se agruparán los datos de las puntuaciones factoriales.

c = constante en el rango de 2.0 a 2.5.

IQR = rango intercuartílico que se obtiene de la diferencia entre el cuartil 75 y el cuartil 25.

n = número de observaciones (IMPC)

A los índices resultantes de las regiones cafetaleras se les aplicó el método de Dalenius-Hodges (1959), que consiste en la formación de estratos de manera que, la varianza obtenida sea mínima en éstos. Esta técnica se utiliza en la Estratificación de Índices de Marginación y Estratificación del Índice de Rezago Social (Coneval, 2007). La conformación de los estratos fue como sigue:

1. Sea n =número de observaciones y w =número de estratos, se ordenaron las observaciones de manera ascendente.
2. Se agruparon las observaciones en J clases, donde $J= \min(w * 10, n)$
3. Se calcularon los límites para cada clase de la siguiente manera.

$$\text{límite inferior } C_k = \min \{ x_{(i)} + k - 1 \} * \frac{\max \{ x_{(i)} \} - \min \{ x_{(i)} \}}{J}$$

$$\text{límite superior } C_k = \min \{ x_{(i)} + k \} * \frac{\max \{ x_{(i)} \} - \min \{ x_{(i)} \}}{J}$$

4. A partir de estos límites se obtuvieron la frecuencia de casos en cada clase.

$$f_i \quad (i = 1, \dots, J)$$

5. Se obtuvo la raíz cuadrada de la frecuencia de cada clase.
6. Se Acumuló la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{f_h} \quad (i = 1, \dots, J)$$

7. Se procedió a dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{w} C_j$$





8. Los puntos de corte de cada estrato se tomaron sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase, como sigue: $Q, 2Q, \dots (h - 1)Q$. Si el valor de Q quedaba entre dos clases, se tomaba como punto de corte aquella clase que presentara la mínima distancia a Q . Los límites de los w estratos conformados fueron aquellos correspondientes a los límites inferior y superior de las clases comprendidas en cada estrato.

Resultados y discusión

Con base en la distribución de frecuencias, los estados con la mayor producción de café en el 2015 fueron Chiapas, Veracruz, Puebla, Oaxaca y Guerrero que aportaron el 93% de la producción Nacional; el 7% restante lo contribuyen los estados de Hidalgo, Nayarit, San Luis Potosí, Jalisco, Colima, Tabasco, Edo. de México, Morelos, Querétaro y Michoacán (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales estados productores de café cereza en México en 2015.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Producción (t x 1,000)	% Aporte	% Acumulado
1. Chiapas	245,297	383	37	37
2. Veracruz	135,941	276	27	64
3. Puebla	59,705	171.3	17	81
4. Oaxaca	117,002	82.5	8	89
5. Guerrero	41,776	45.2	4	93
<i>Subtotal</i>	<i>599,721</i>	<i>958</i>	<i>93%</i>	<i>-</i>
Resto de estados	65,164	68	7	100
Nacional	664,885	1,026	100	

Comportamiento de los rendimientos de café en México

En el análisis de las series de tiempo de 1980 a 1985 hubo un aumento de la producción, de 9.8 a 12.7 Qq/ha, observándose un decremento en años posteriores, para repuntar hacia finales de 1990. A partir de esta fecha la producción tiende a bajar considerablemente, a razón de una tasa de un quintal en promedio por quinquenio. De acuerdo con la curva de





ajuste generada por el modelo aplicado, se estima que apenas se están produjeron 6.2 Qq/ha de café cereza en 2015 (Figura 1).

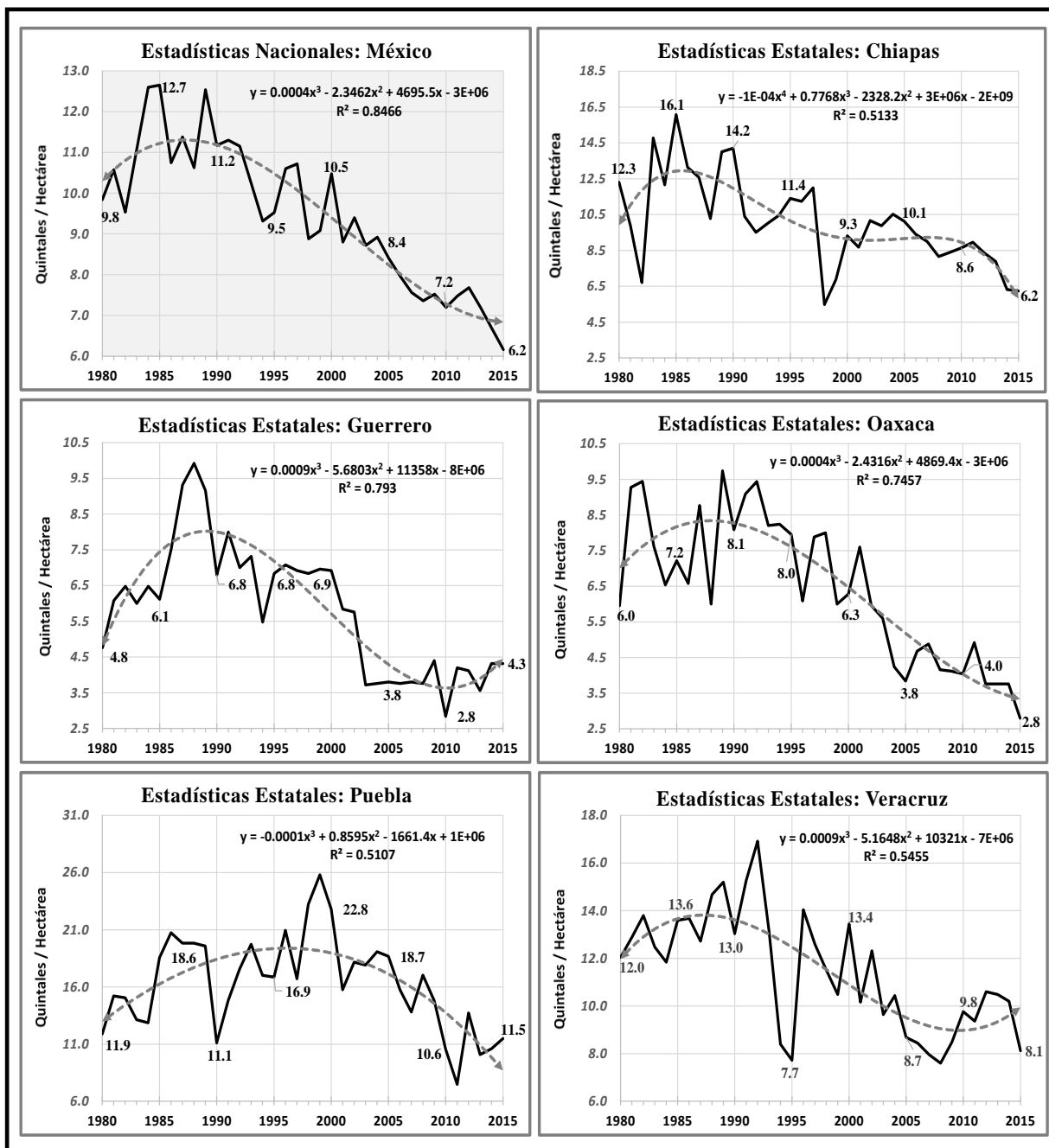


Figura 1. Rendimientos históricos nacionales y de los principales estados productores de café en México: ajuste de la tendencia.



Comportamiento de cifras de productividad en los estados

Chiapas, Veracruz y Oaxaca suman 490 mil hectáreas, que representa el 75% de la superficie nacional sembrada con café. La tendencia de estos tres estados muestra decrementos a partir de 1990 de un quintal promedio por quinquenio. Guerrero muestra una tendencia positiva, con incrementos de medio quintal en promedio por quinquenio hasta el año 2000, para bajar después en la misma proporción. Finalmente, Puebla presenta los más altos rendimientos por hectárea, llegando a producir has cerca de 23 Qq/ha en el 2000, y disminuyó a 11.5 Qq/ha para el 2015 (Figura 1).

En el complejo de regiones inciden 406 municipios, mismos que mediante la recopilación de fuentes de información secundaria y consulta de expertos, logran conformar 41 regiones, que además de tener el café dentro de los tres primeros cultivos prioritarios en el sector agrícola, comparten identidad cultural, comercial, turística, etc. que los diferencia entre sí. El complejo de regiones se observa en La Figura 2.

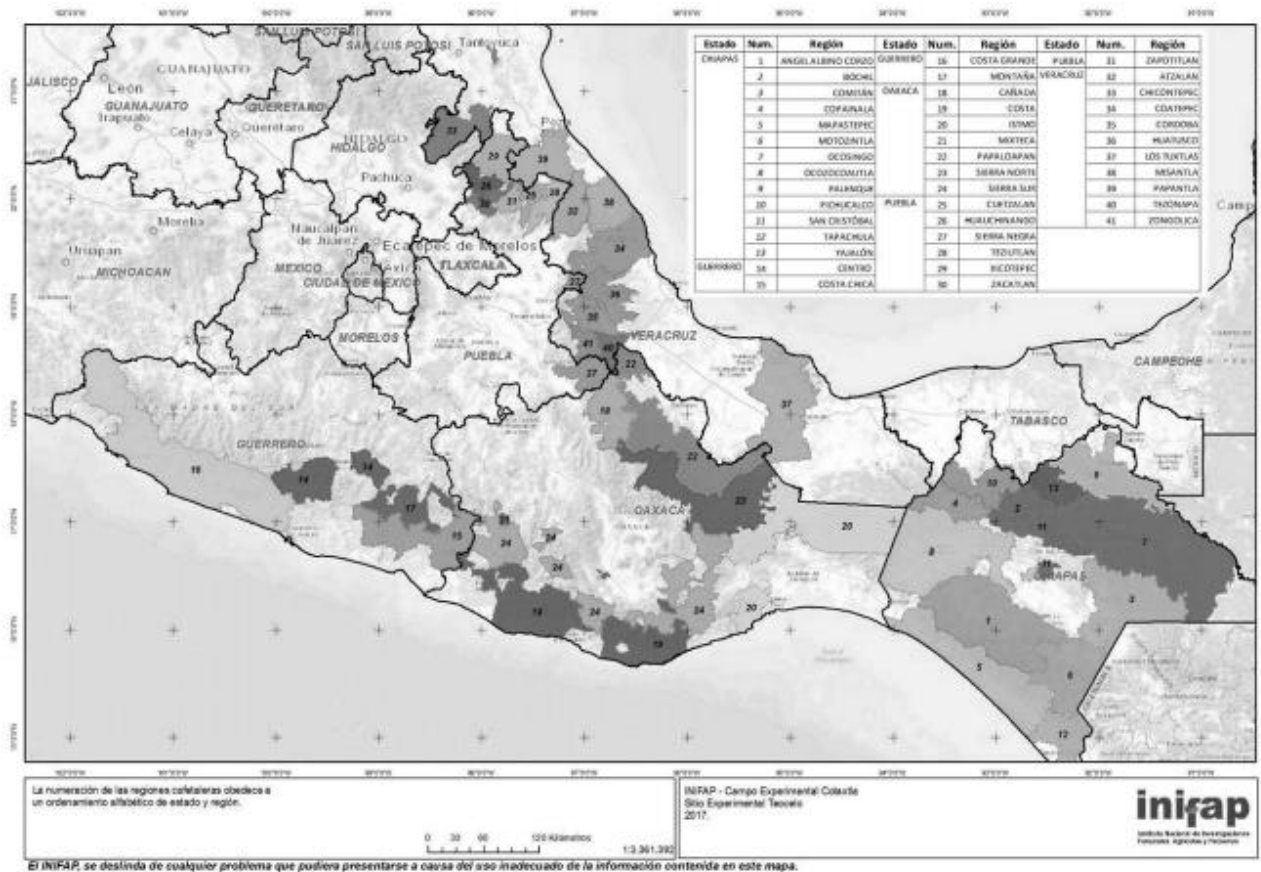


Figura 2. Ubicación de las regiones productoras de café por estado en el sur-sureste de México.



México produjo 1.02 millones de toneladas en 2015, con un rendimiento promedio de 6.2 Qq/ha y un valor de la producción de 5340 millones de pesos (mdp). En 2017, se produjeron 835 mil toneladas, con un rendimiento de 5.2 Qq/ha promedio, y un ingreso bruto de 4,905 mdp. (SIAP, 2018). Estas cifras de producción reflejan directamente los bajos rendimientos a nivel regional, donde año con año se registra una tendencia negativa. En los últimos tres quinquenios, más del 70% de las regiones cafetaleras de estos cinco estados tuvieron rendimientos promedios de 2.2 Qq/ha. 10 regiones han decrecido en un 50% su producción, lo cual altera la dinámica económica, ya que cerca del 80% de las regiones tiene el café como cultivo principal o secundario, de acuerdo a su superficie sembrada en 2015. El 20% restante entre un tercer a quinto lugar, tan solo por debajo de los cultivos de maíz, frijol, caña y cítricos.

Las tendencias de los rendimientos y su nivel de importancia de las principales regiones cafetaleras se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento promedio y nivel de importancia del cultivo de café en las regiones cafetaleras de los cinco principales estados productores de café.

Estado	Regiones	Rendimiento (Qq/Ha)			Superficie sembrada (ha)	Posición
		2005	2010	2015		
Chiapas	Ángel Albino Corzo	13.7	11.0	6.2	23,665	2° Lugar
Chiapas	Bochil	9.0	8.2	8.4	19,617	2° Lugar
Chiapas	Comitán	7.1	3.6	4.0	14,890	2° Lugar
Chiapas	Copainalá	5.7	5.6	7.5	4,089	2° Lugar
Chiapas	Mapastepec	10.3	7.6	4.9	22,273	2° Lugar
Chiapas	Motozintla	12.7	11.0	8.7	38,597	2° Lugar
Chiapas	Ocosingo	6.6	6.1	5.8	25,108	2° Lugar
Chiapas	Ocozocoautla	7.1	5.9	7.9	5,897	3° Lugar
Chiapas	Palenque	8.0	8.5	8.6	3,950	4° Lugar
Chiapas	Pichucalco	7.5	4.6	3.6	7,728	2° Lugar
Chiapas	San Cristóbal	9.9	11.0	11.0	16,876	2° Lugar
Chiapas	Tapachula	10.9	8.6	4.2	52,299	1° Lugar
Chiapas	Yajalón	8.5	6.1	5.3	19,340	2° Lugar
Promedio Regiones de Chiapas		9.2	7.8	6.7	261,572	2° Lugar
Guerrero	Centro	2.4	2.1	2.3	553	4° Lugar
Guerrero	Costa Chica	4.1	3.6	4.3	4,191	5° Lugar





Continúa Cuadro 2...

Estado	Regiones	Rendimiento (Qq/Ha)			Superficie sembrada (ha)	Posición
		2005	2010	2015		
Guerrero	Costa Grande	4.0	2.8	4.4	37,398	3° Lugar
Guerrero	Montaña	2.3	2.3	2.7	7,851	2° Lugar
Promedio Regiones de Guerrero		3.4	2.8	3.6	47,192	4° Lugar
Oaxaca	Cañada	2.3	3.2	3.0	36,068	1° Lugar
Oaxaca	Istmo	4.2	4.4	2.9	16,,548	1° Lugar
Oaxaca	Costa	1.8	1.2	1.4	63,102	1° Lugar
Oaxaca	Mixteca	4.4	4.0	3.4	2,349	1° Lugar
Oaxaca	Papaloapan	8.7	7.8	3.3	16,453	4° Lugar
Oaxaca	Sierra Norte	8.0	8.2	3.3	19,432	3° Lugar
Oaxaca	Sierra Sur	4.8	5.2	4.2	13,528	2° Lugar
Promedio Regiones de Oaxaca		4.8	4.8	2.9	139,820	3° Lugar
Puebla	Cuetzalan	20.0	7.5	5.5	8,349	2° Lugar
Puebla	Huauclilla	20.0	13.6	19.5	6,802	2° Lugar
Puebla	Sierra Negra	7.1	5.7	4.1	6,781	2° Lugar
Puebla	Teziutlan	20.0	7.9	9.5	8,771	2° Lugar
Puebla	Xicotepec	20.0	12.4	16.9	31,552	1° Lugar
Puebla	Zacatlán	17.4	7.8	14.2	2,417	2° Lugar
Puebla	Zapotitlán	18.3	6.4	8.7	6,601	2° Lugar
Promedio Regiones de Puebla		17.6	8.5	10.5	73,645	2° Lugar
Veracruz	Atzálan	9.5	10.2	8.4	11,237	4° Lugar
Veracruz	Chicontepepec	9.1	6.1	4.7	5,375	2° Lugar
Veracruz	Coatepec	11.3	9.2	5.3	32,267	1° Lugar
Veracruz	Córdoba	10.8	11.6	7.3	18,832	2° Lugar
Veracruz	Huatusco	7.0	12.0	9.8	36,768	1° Lugar
Veracruz	Los Tuxtlas	6.9	7.1	7.9	12,,150	2° Lugar
Veracruz	Misantla	10.0	10.1	8.0	12,952	1° Lugar
Veracruz	Papantla	0.0	8.0	6.8	3,631	3° Lugar
Veracruz	Tezonapa	8.0	6.0	5.6	16,489	2° Lugar
Veracruz	Zongolica	7.6	8.9	7.9	8,616	2° Lugar
Promedio regiones de Veracruz		8.7	9.4	7.2	145,374	4° Lugar

Estratificación de los municipios productores de café

De acuerdo a los parámetros de Dalenius y Hodges (1959) sobre el IMPC, se conformaron 19 intervalos de clase, a los cuales después de calcular la raíz cuadrada de sus frecuencias





de cada clase que se encuentran dentro de cada estratificación. Se procedió a determinar los límites superiores de cada estrato definidos de la siguiente manera: $Q = 72.18/5$ obteniendo una amplitud de rango de 14.44, y ajustando los límites superiores para formar los 5 grupos que formaran el grado de productividad de café, quedando de la siguiente manera: Grupo 1. Muy bajo (9.58); 2. Bajo (24.13); 3. Medio (39.62); 4. Alto (56.11) y 5. Muy alto (56.11) grado de productividad (Figura 3).

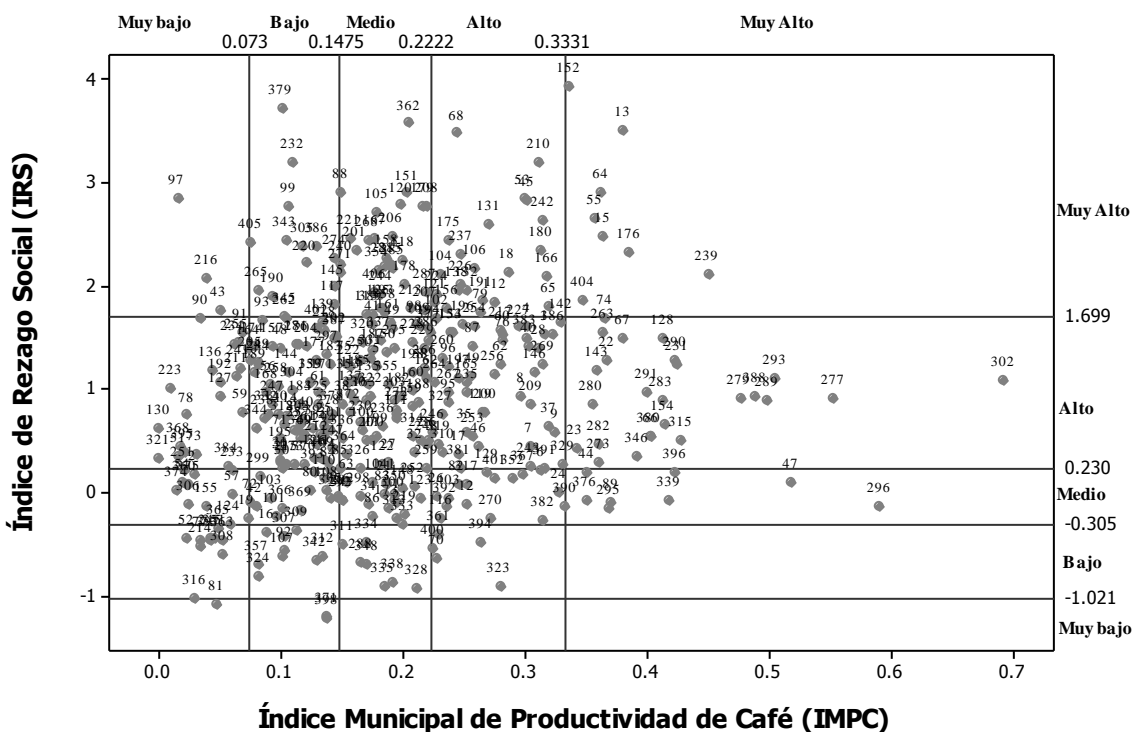


Figura 3. Distribución de los municipios productores de café en base a su Índice Municipal de Productividad de café (IMPC) y su Índice de Rezago Social (IRS)

En este estudio no se detectaron municipios con muy alta producción y muy bajo rezago social, siendo este un panorama idóneo para cualquier productor y su unidad de producción; aunque cabe señalar que, si se observa un pequeño contraste entre los bajos a muy bajos índices de rezago social y muy baja productividad, esto se entiende ya que son municipios donde las actividades primarias están por debajo de las actividades productivas secundarias o terciarias. El listado de municipios productores de café y su ubicación e presenta en el Cuadro 3.



Cuadro 3. Municipios productores de café en base a su Índice Municipal de Productividad de café (IMPC) y su Índice de Rezago Social (IRS): Grado Alto y Muy Alto Rezago Social.

(IRS)	IMPC	Listado de municipios de los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero y Puebla
Muy Alto	Muy Bajo	Maravilla Tenejapa, Santa María la Asunción, José Joaquín de Herrera.
Muy Alto	Bajo	Cuyamecalco, Villa de Zaragoza, San Pedro el Alto, Coyomeapan, San Francisco Chapulapa, Santa María Temaxcaltepec, Hueytlalpan, Zoquitlán, Texcatepec, Zontecomatlán de L. y F., Ilimatlán, Metlatónoc, Santiago Ixtayutla, Tehuipango
Muy Alto	Medio	Tlachichilco, Chiquihuitlán de B. J., Mecatlán, Santa Cruz Itundujia, San Pedro Ocopetatillo, Santa María Guienagati, Mazatlán Villa de F., Santo Domingo Roayaga, Zozocolco de Hidalgo, Tepetzintla, San Lucas Zoquiápan, Huehuetla, Los Reyes, Tequila, Olinthla, San Sebastián Tlacotepec, Santiago Yatepec, Eloxochitlán de F. Magón, San Juan Comaltepec, Santa Ana Ateixtlahuaca, Eloxochitlán, San Juan Petlapa, Santa María Tepantlali, Santa Cruz Acatepec, Tlacoapa, San Marcial Ozolotepec, Santa Lucía Monteverde, Huauतेpec, San José Independencia, Acatepec, Mixtla de Altamirano.
Muy Alto	Alto	Tumbalá, San Juan Coatzacoapam, Santiago el Pinar, Candelaria, Loxicha, Huautla de J., San Pedro Ixcatlán, Santa María Yucuhiti, San Bartolomé Ayautla, San Andrés Cabecera N., Santa María Zaniza, San Juan Ozolotepec, Tlacoachistlahuaca, Chilón, Xochistlahuaca, Santiago Nuyoó, San Mateo Piñas, San Lorenzo Texmelúcan, San Agustín Loxicha, Santiago, Zacatepec, Mitontic, Oxchuc, Santa María Chilchotla, Sitalá.
Muy Alto	Muy Alto	Zongolica, Santiago Xanica, San Lucas Camotlán, Chenalhó, Pantelhó, San Juan Cancuc, Chalchihuitán, San José Tenango.
Alto	Muy Bajo	Ostuacán, Tecpatán, Tonayán, Papantla, San Agustín Amatengo, Totolapa, Rayón, Pinotepa de Don L., Santa María, Tonameca, San Pedro Mixtepec, Santa María Chimalapa, San Antonio Tepetlapa, Santiago Yaveo, San Juan Lalana, Santiago, Jocotepec, Ajalpan, Chilapa de Á., Ayutla de los Libres.
Alto	Bajo	San Pedro Pochutla, San Gabriel Mixtepec, Santa María Ecatepec, Jalacingo, Solosuchiapa, Tapalapa, Tuzamapan de Galeana, Chapultenango, Caxhuacan, Zapotitlán de M., Ixtapangajoya, Atempan, Ixhuacán de los R., La Trinitaria, Francisco León, Chiconquiaco, Sta. Catarina Juquila, Huayacocotla, Jonotla, Santiago Tetepec, Concepción Pápalo, Tatatlá, San Carlos Yautepec, Coyutla, Coetzala, San Miguel del Puerto, Santos Reyes Nopala, Salto De Agua, San Juan Quiahije, Zoquiapan, Atlequizayan, Pantepec, Mecayapan, San Andrés Solaga, San Juan Tepeuxila, San Francisco Cahuacuá, San Pedro Atoyac, Quimixtlán, San Melchor Betaza, Tataltepec de V., San Lucas Ojitlán, Santa Catarina Mechoacán, Xochitlán de V. S., Ocosingo, Santa Catarina Loxicha, San Juan Colorado, San Lorenzo, Ixtepec, San Mateo Río Hondo, Texhuacán, Santa Ana Cuauhtémoc, Santa María Pápalo, Zacualpan, San Bartolomé Loxicha, Coahuayutla de J. Ma. I., Chichiquila, Ixhuatlán de M.
Alto	Medio	Naranjal, Ixtapa, Tanetze de Z., Santa María Zacatepec, Coapilla, La Concordia, Bochil, San Juan Tabaá, Espinal, San Pedro Yólox, Atzacan, Ometepec, Santiago Lalopa, Santiago Comaltepec, Ayotzintepec, San Juan Yaeé, San Andrés Tenejapan, Hueyapan, San Juan Cotzocón, La Independencia, San Pablo Coatlán, Zongozotla, San Juan Lachao, Coscomatepec, San Mateo Yoloxochitlán, Coahuatlán, San Baltazar Loxicha, San Juan Guichicovi, Magdalena, San Andrés Yaá, Las Minas, Constanza del Rosario, San Juan Juquila Vijanos, San Miguel Panixtlahuaca, San Pedro Yaneri, Pueblo Nuevo Solistahuacán, Cuautempan, Santa María Tlalixtac, Amatlán, Teopisca, Totontepec V. de Morelos, Coxquihui, San Jerónimo Tecóatl, San Miguel Yotao, Huitzilán de Serdán, Santiago Choápam, Chumatlán, Santiago Camotlán, Filomeno Mata, Tepango de R., Soteapan, Ocoteppec, San Pedro Ocoteppec, Asunción Cacalotepec, Malinaltepec, Las Margaritas, San Juan Juquila Mixes.
Alto	Alto	Chicomuselo, Altotonga, A. Albino Corzo, Montecristo de Guerrero, Chocamán, Acateno, Bella Vista, Jitotol, Santo Domingo Teojomulco, La Grandeza, Comapa, Guevea De H., San Sebastián Coatlán, Santa María Alotepec, Igualapa, Bejuical De Ocampo, Cuetzalan Del P., Santiago Lachiguiri, San Juan Mazatlán, Coatepec, San Pedro Teutila, San Jerónimo Coatlán, Amixtlán, San Francisco Ozolotepec, Iliatenco, Hermenegildo Galeana, San Andrés Duraznal, Camocuautla, Huitiupán, Larránzar, Yajalón, Tila, Tepatlaxco, Sabanilla, Aldama, San Miguel Quetzaltepec, San Andrés Teotitlán, San Juan Bautista Tlacoatzintepec, Santa María Ozolotepec, Santiago Atitlán, Ahuacatlán, Altamirano, San Pedro Sochiápan, San Felipe Jalapa de Díaz, San Luis Acatlán.
Alto	Muy Alto	Ixhuatlán del Café, El Porvenir, Pahuatlán, Atzalan, Siltepec, Tenampa, San Juan Bautista Valle Nacional, Naupan, Pantepec, Tlacuilotepec, Jopala, Jalpan, Tezonapa, Tlapacoya, Zihuateutla, Tlaxco, San Felipe Usila, Santiago Ixcuintepec, Tlaola, El Bosque, Pluma Hidalgo, Simojovel, Chiconcuautla, Tenejapa.
Medio	Muy Bajo	Cintalapa, San Juan Cacahuatepec, Acatlán, Pijijiapan, San Juan Evangelista, Miahuatlán, Sayula de A., Palenque, Acapetahua, Santiago Jamiltepec, Villa de Tututepec de M. Ocampo, Tepetlán, Citlaltépetl.
Medio	Bajo	Petatlán, Paso del Macho, Oluta, Mapastepec, Tapilula, Huixtla, Tépcan de G., Xico, Mariano Escobedo, Acatlán de P. Figueroa, Tuxtla Chico, Asunción Tlacolulita, Zacapoaxtla, Tlilapan, Villa Comaltitlán, Ocozocoautla de E., San Andrés Tuxtla, Santa María Jacatepec, Rafael Delgado, Ixhuatlán, Coyuca de B., San Juan Quiotepec, Ixtacomitán, Hueyapan de O., Nejapa de Madero.
Medio	Medio	Cuichapa, Atoyac, Villaflores, Santa Ma. Temaxcalapa, San Juan Yatzona, Jiquipilas, Acacoyagua, Zacatlán, Tlatlauquitepec, Ixhuatlancillo, La Reforma, Yaonáhuac, Jalcomulco, Unión Juárez, San Ildefonso V., Alta, Villa Talea de C., Copainalá, San Cristóbal Lachirioag, Berriozábal, San Fernando, Villa Corzo, Ayotoxco de Gro., Colipa, Ixtlán De Juárez, Huehuetán.
Medio	Alto	Teocelo, Cosolapa, Huauchinango, Tlapacoyan, Tlacotepec de M., Cacahoatlán, Zentla, Frontera Comalapa, Escuintla, Catemaco, Tuzantán, Yecuatla, Juchique de Ferrer, Omealca, Putla Villa de Gro., Amatenango de la Frontera, Tlaltetela, Tenochtitlán, Santo Domingo Petapa, Cosautlán de Carvajal.
Medio	Muy Alto	Venustiano Carranza, Xicotepec, Atoyac de Álvarez, Huatusco, Sochiapa, Motozintla, Mazapa de Madero, Totutla, Hueytmamalco.
Bajo	Muy Bajo	Actopan, Santa Ma. Huatulco, Tonalá, Vega de Alatorre, Naolinco, Jilotepec, Santo Domingo Tehuantepec, Osumacinta, Nautla, Matías Romero A.
Bajo	Bajo	Coatzintla, Martínez de la Torre, Huiloapan de Cuauhtémoc, Apazapan, Zihuatanejo de A., Chilpancingo de los Bravo, Acayucan, Chiapa de Corzo, Alto Lucero de G. B.
Bajo	Medio	Córdoba, Emiliano Zapata, Fortín, Ixtaczoquitlán, Teziutlán, Amatlán de los Reyes, Cuitláhuac.
Bajo	Alto	Coatepec, Tapachula, Yanga, Tomatlán, Misantla.
Muy Bajo	Muy Bajo	Tuxtla Gutiérrez, Banderilla.
Muy bajo	Bajo	Xalapa, Río Blanco





Considerando el IMPC y los grupos generados para los intervalos de clase, se asignó el grado correspondiente a cada municipio, mismo que fue considerado para graficar en el eje X en el plano, en donde hay una variación de izquierda a derecha y de menor a mayor referente a la productividad del cultivo. Para el eje de las Y, se consideró utilizar el índice de rezago social (IRS) a nivel municipal, que es un indicador que integra en un solo dato el resumen de cuatro carencias sociales de la medición de pobreza del CONEVAL: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a los servicios básicos en la vivienda y la calidad y espacios en la vivienda (Coneval, 2018), en dicho plano se consideraron los datos de abajo hacia arriba y de menor a mayor en lo referente al IRS de acuerdo con los grupos generados por intervalo de clase. Al comparar el IMPC e IRS, se generan 25 combinaciones posibles, en estas se observa que la mayoría los municipios cafetaleros (3 combinaciones = 40%) presentan un alto índice de rezago social y una productividad que tiende más hacia media baja y media alta. Sin embargo, existe un 8% de los municipios que presentan un rezago social medio a bajo y con alta a muy alta productividad, siendo estos municipios foco de atención para el mejoramiento tecnológico de sus sistemas de producción.

Conclusiones

1. La constante inestabilidad del precio internacional del café ha llevado al sector a una crisis profunda, hasta el punto de tener que reconsiderar el manejo técnico y aspectos socioeconómicos de los actuales sistemas de producción primaria de café y su proceso de beneficiado, para implementar estrategias en la búsqueda de nuevos nichos de mercado, que otorguen mejoras en el precio en comparación con el precio internacional en los mercados convencionales. 2. El análisis multivariado es un método estadístico utilizado para determinar la contribución de varios factores en un simple evento o resultado. En el presente estudio se desarrolló un proceso de aritméticas básicas y técnicas multivariadas para conocer el comportamiento de un hecho que afecta a la cafecultura mexicana y como se relaciona con el rezago social que afecta principalmente a los pequeños y medianos productores del aromático. 3. Los resultados encontrados y el proceso metodológico pueden ser utilizados en estudios de planeación y toma de decisiones para ejecutar políticas públicas





relacionadas con municipios prioritarios de atención para mitigar su vulnerabilidad productiva e impulsar programas de apoyo e impulso de la cafeticultura.

Literatura citada

- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) 2018. Gobierno Federal. https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2015.aspx [consultado el 20 de julio de 2018].
- Dalenius, T. and J. Hodges. 1959. Minimum variance stratification. *Journal of the American Statistical Association* 54(285):88-101.
- Díaz, P. G., R. A. Guajardo P. y R. López M. 2013a. Potencial productivo del cultivo de café en México. p. 33-54. *In: López, M. R, G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (comps.). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. Libro Técnico Núm. 34. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla. S. E. Teocelo. Medellín de Bravo, Ver., México.*
- 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*. Documento de trabajo. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla. S. E. Teocelo. Medellín de Bravo, Ver., México. 118 p.
- Emerson, J. D. and D. C. Hoaglin. 1983. Stem-and-left displays. p. 7-32. *In: Hoaglin, C., F. Mosteller, and J. W. Tukey (eds). Understanding robust and exploratory data analysis. Wiley. New York, NY, USA.*
- 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.
- Figueroa, H. E., F. Pérez S. y L. Godínez M. 2015. La producción y el consumo de café. ECORFAN-Spain. http://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf [consultado el 29 de julio de 2018].





- 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. Xalapa, Ver., México. 146 p.
- López, M. R., E. Escamilla P., G. Díaz P., R. A. Guajardo P., J. L. Martínez R., L. E. García M. *et al.* 2013. La cafeticultura en México y su problemática. p. 5-32. *In:* López, M. R, G. Díaz P. y A. Zamarripa C. (comps.). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. Libro Técnico Núm. 34. INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla. S. E. Teocelo. Medellín de Bravo, Ver., México.
- Santos, M. 1997. Técnica espaço tempo – Globalização e meio técnicocientífico-informacional. Editora Hucitec. São Paulo, Brasil. 176 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Cierre agrícola por municipios. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [consultado el 15 de julio de 2018].
- Wilks, D. S. 1995. Statistical methods in the atmospheric sciences. Academic Press. San Diego, CA, USA. 467 p.





PRODUCCIÓN ECOLÓGICA DE PEPINO (*Cucumis sativus*) EN SISTEMA PROTEGIDO TIPO INVERNADERO TROPICAL

Andrés Vásquez Hernández^{114*}, Héctor Cabrera Mireles¹¹⁴, Isaac Meneses Márquez¹¹⁴, Arturo Durán Prado¹¹⁴ y Arturo Andrés Gómez¹¹⁴

Resumen

En consideración a la importancia que en la actualidad se tiene para producir alimentos con el menor impacto ambiental y a la salud tanto del productor como del consumidor, en el periodo de invierno-primavera se validó la aplicación de microorganismos benéficos a base de hongos micorrizicos y *Trichoderma* combinados con fertilización química y orgánica, manejados con acolchado plástico y riego por goteo, sobre la producción y calidad de pepino, producidos en ambiente protegido tipo invernadero, ubicado en el campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México. Se observó que los tratamientos orgánicos a base de 10 t/ha y lombricomposta, combinados con *Trichoderma* y *Glomus* incrementaron los valores SPAD de clorofila en hojas. En cuanto al contenido de NO₃, los valores más altos se obtuvieron con los tratamientos en que se aplicó fertilizante químico en 50%, combinado con *Glomus* y *Trichoderma*, aunque de manera general todos los tratamientos no rebasaron el límite crítico de 400 mg/kg, considerado por la Comunidad Europea. Los tratamientos que recibieron 50% de fertilizante químico solos y combinados con *Glomus* y *Trichoderma* promovieron los mayores valores de peso y rendimiento total de frutos. Aunque de manera general fueron más altos los valores de peso de fruto y rendimiento total en los tratamientos con fertilizante químico; sin embargo, tanto en los tratamientos orgánico y con fertilización química al 50% *Glomus* y *Trichoderma* promovieron el crecimiento y rendimiento de frutos, por lo que se consideran una buena opción complementaria tanto para el cultivo tradicional como orgánico de pepino.

Palabras clave: *Glomus*, *Trichoderma*, fertilización ecológica

¹¹⁴Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *vasquez.andres@inifap.gob.mx





Introducción

En la actualidad hay un creciente interés por el cuidado del medio ambiente, la producción y consumo de productos más sanos. Esto ha impulsado a la producción bajo el esquema de agricultura orgánica, que se caracteriza por ser libre de pesticidas y utilización de abonos orgánicos. El cuidado de la salud y la protección del medio ambiente son los principales motivos por los cuales los consumidores prefieren los productos orgánicos, libres de residuos tóxicos, modificaciones genéticas, aguas negras y radiaciones. México está ubicado en el contexto internacional como país productor-exportador de alimentos orgánicos y como primer productor de café orgánico. En el país, el sector orgánico es el subsector agrícola más dinámico, pues ha aumentado su superficie cultivada de 23,000 ha en 1996 a 103,000 ha en 2000, y para 2002 se estimó que alcanzó las 216,000 ha. En este aspecto ha sido muy importante la participación de los productores indígenas, que son los más desprotegidos del país, quienes representan aproximadamente el 50% de los productores orgánicos. Cabe destacar, que la importancia de la agricultura orgánica para el país radica en que se encuentra vinculada con los sectores más pobres del ámbito rural, con los grupos indígenas y productores de escasos recursos, la producción sustentable de alimentos, la recuperación y conservación ecológica de los recursos naturales, con el mejoramiento de los ingresos y la calidad de vida de los productores y, en general, con un desarrollo rural más incluyente (Gómez y Gómez, 2004). La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional, por lo que se fundamenta en un mejor manejo del suelo, uso de insumos locales, valor agregado a los productos obtenidos y una cadena de comercialización más justa (Soto, 2003). Sin embargo, hay otro tipo de productores que, aunque no son orgánicos en el sentido estricto, si tienen interés en producir de la mejor manera con el menor riesgo para la salud y el ambiente, y buscan alternativas que les permitan obtener productos más sanos. El cultivo en invernadero, también llamado sistema protegido, es una técnica que permite producir con menor riesgo en comparación con la producción en campo abierto, con un menor uso de agua y de pesticidas, por lo que esto representa una buena alternativa de producción, más sana que el sistema tradicional. Esto permite una producción, en cierta forma, más ecológica, ya que permite un ambiente y productos más sanos, sin riesgo para el productor, esto junto con las nuevas





técnicas de producción como son el uso de biofertilizantes y los métodos de fertilización racional, pueden ser una alternativa que permita obtener producciones comparativas a los sistemas tradicionales, sin disminuir rendimiento y calidad de los productos, como en el caso de la agricultura orgánica. Moreno *et al.* (2011) mencionan que la agricultura protegida (AP) es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. La agricultura, por su naturaleza, se encuentra asociada al riesgo, de ahí que este sistema tenga como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a esta actividad, estos riesgos pueden ser: climatológicos, económicos (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie). Adicionalmente, se establece que la AP ha modificado las formas de producir alimentos y genera múltiples ventajas para los productores. Aguado-Santacruz *et al.* (2012), mencionan que dentro de las alternativas de producción se deberán tener en consideración los siguientes puntos: a) Reducir el uso de fertilizantes químicos sin afectar los rendimientos de los cultivos. b) Aumentar el valor agregado de los productos agrícolas mediante la reducción de la aplicación de estos productos (producción orgánica). c) Aumentar la productividad de los cultivos por encima de los rendimientos alcanzados través de los procesos de producción convencional de los agricultores. d) Reducir el impacto de los fertilizantes y pesticidas químicos en la salud y el ambiente. Además, menciona que entre las posibilidades tecnológicas para lograr los propósitos anteriores destacan la utilización de fertilizantes orgánicos (e.g. estiércoles, compostas, tés de composta y lombricompostas), la determinación de las dosis óptimas de fertilización con base en análisis de suelo y la utilización de microorganismos que poseen la capacidad de promover el crecimiento de las plantas y reducir el uso de los fertilizantes sintéticos sin afectar la productividad de los cultivos. Estos microorganismos, promotores del crecimiento vegetal, son empleados para la fabricación de productos biológicos conocidos como biofertilizantes. González y Reséndiz (2012) señalan que, en la década de 1980, se realizaron experimentos con especies de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma koningii* para examinar la promoción del crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). Se encontraron incrementos en la tasa de germinación de las semillas de ambas especies cuando se trataron con *Trichoderma*. Resultados similares fueron obtenidos al analizar el peso seco de las raíces y la altura de plantas,





obteniéndose incrementos cercanos al 300% en comparación con las plantas no tratadas con los hongos. También indican que, una gran ventaja del uso de *Trichoderma* como bioestimulante del crecimiento vegetal es que la resistencia inducida a la planta es de larga duración, incluso meses después de su aplicación, además de que este hongo es resistente a la mayoría de los pesticidas, por lo que facilita las prácticas de control integrado en los cultivos.

Con base en lo anterior, el objetivo del trabajo fue validar el efecto de los biofertilizantes *Glomus intrarradices* y *Trichoderma harzianum*, en un sistema protegido, aplicados en combinación con abono orgánico, lombricomposta y fertilización química, para demostrar la viabilidad de estos insumos en la producción ecológica del pepino. Torres y Guerrero (2008) estudiaron el efecto *in vitro* de *Trichoderma harzianum*, E.M. (Microorganismos Eficaces) y de AGROPLUX sobre el desarrollo de hongos *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*; encontraron que *Trichoderma harzianum* (Fundases y TrichoD) tuvo un efecto antagónico frente a los patógenos *R. solani* y *S. sclerotiorum*, debido a que evitó el avance de los patógenos, por el mecanismo de parasitismo.

Materiales y métodos

La validación se realizó durante el ciclo invierno-primavera 2017-2018 en un invernadero tropical con ventana cenital, ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla, Municipio de Medellín de Bravo, Ver, México, km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba (18°56'09.96" N y 96°11'42.32" W). Se usó acolchado plástico negro-plata calibre 90 de 1.20 m de ancho, con riego por goteo y cintilla con emisores cada 0.40 m y un gasto de 1.1 litro por segundo. Las camas fueron de 25 m de largo con 1 m de ancho y 20 cm de alto, con una distancia de 1.60 m entre centros de cama, con 60 cm entre calles y siembra a doble hilera con distancia de 40 cm entre hileras. El abono orgánico (lombricomposta, elaborada en el C.E. Cotaxtla) se aplicó en cada hilera en el fondo de surco a 15-20 cm de profundidad durante la formación de las camas, luego se cubrió con tierra, y se acolchó. Como material vegetativo de prueba se utilizó pepino híbrido Diomedes ginoico slicer tipo americano, color verde oscuro y una longitud de 20-23 cm. La siembra se realizó de manera directa, depositando dos semillas por





mata, previa inoculación de la semilla con *Glomus intrarradices* de INIFAP y/o *Trichoderma herzianum* como producto comercial, de acuerdo a los tratamientos aplicados. La fertilización química fue el 50% de la fórmula 165-61-90, por lo que se aplicó 82.5-30.5-45 kg de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. Los tratamientos validados fueron: 1) 5 t/ha lombricomposta (Lo) + 50% de fertilización química (FQ), 2) 5 t/ha Lo + 50% FQ + *Glomus* (Gl), 3) 5 t/ha Lo. + 50% FQ + *Trichoderma* (Th) + Gl, 4) 5 t/ha Lo. + 50% FQ. + Th, 5) 10 t/ha Lo, 6) 10 t/ha Lo + Gl, 7) 10 t/ha Lo + Th + Gl, 8) 10 t/ha Lo + Th. Se aplicó un tratamiento por cama. Las plantas se tutoraron con rafia a un soporte horizontal elevado de alambre galvanizado y se realizaron podas de saneamiento de hojas bajas y de brotes laterales (conocidos como “chupones”). La cosecha se inició a los 48 días posteriores a la siembra, con un total de 3 cortes cada 2 semanas. Como variables de respuesta se tomó la lectura de clorofila mediante el índice SPAD, con un medidor Minolta SPAD 502 durante la etapa de desarrollo de la planta, rendimiento de frutos en peso por cortes y acumulado, contenido de nitratos en fruto con un medidor de iones Horiba B-743. Como se trata de una validación en parcela grande a nivel de invernadero, no se tuvieron repeticiones y las estimaciones se realizaron por cama total.

Resultados y discusión

Índice de clorofila SPAD

Se obtuvieron lecturas en un intervalo que fluctuó entre 32.37 (para el T4 a base de 5 t/ha Lo +50% FQ + *Trichoderma*) y 42.18 (para T7 con 10 t/ha Lo + *Trichoderma* + *Glomus*). Como se observa en la Figura 6, los valores más altos se obtuvieron con T7, seguido por T6 con 41.1 unidades SPAD (10 t/ha Lo + *Glomus*), el tercer lugar fue para T3 (5 t/ha Lo + *Trichoderma* + *Glomus* + 50% FQ). Estos resultados muestran como sobresaliente al tratamiento orgánico en que se aplicaron 10 t/ha de lombricomposta combinadas con los microorganismos benéficos *Trichoderma* y *Glomus*. En cuanto a los valores más bajos, correspondieron a T4 y T2 a los que se aplicaron 5 t/ha Lo + 50% FQ, combinados con *Trichoderma* y *Glomus* respectivamente. Es notorio que los tratamientos que resultaron con



mayor índice SPAD correspondieron a los que se les aplicaron 10 t/ha de Lombricomposta sin fertilizante químico, combinados con biofertilizantes *Trichoderma* y *Glomus*.

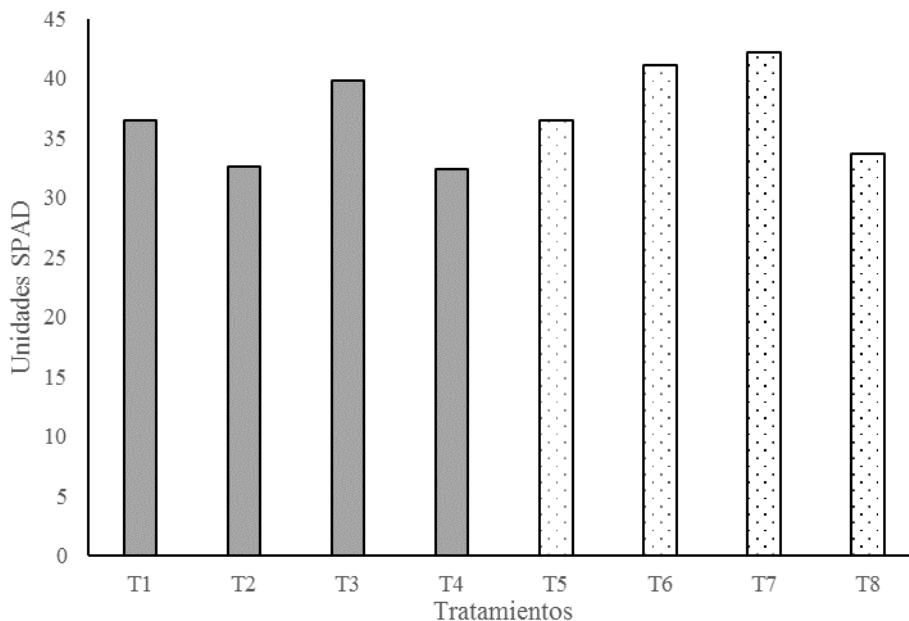


Figura 1. Índice SPAD de clorofila en los tratamientos (T) aplicados.

Contenido de nitratos en fruto

Se obtuvieron valores promedio en un intervalo de 152.5 ppm de NO_3 para T8 (10 t/ha Lo + *Trichoderma*) y 252.5 ppm (para T4 (5 t/ha Lo + 50% FQ. + *Trichoderma*) (Figura 2). Independiente del tratamiento, las concentraciones de nitrato no rebasaron el límite permitido por la Unión Europea (400 mg/kg), lo que nos indica que los tratamientos aplicados pueden considerarse adecuados ya que la concentración de nitratos no es limitante para el consumo de pepinos. Los valores más bajos de concentración de nitrato correspondieron a T8 (10 t/ha de Lo), seguida por T5 (10 t/ha Lo + *Trichoderma*), seguidos por T1 (5 t/ha Lo + 50% FQ) (Figura 7). Estos resultados muestran que la dosis de fertilizante químico aplicada no provoca valores de NO_3 por encima de lo permitido. Los valores más altos se obtuvieron con los tratamientos T4 (5 t/ha Lo. + 50% FQ + *Trichoderma*) con 252.5 mg/kg de NO_3 , T2 (5 t/ha Lo + ½ FQ + *Glomus*) con 225.25 mg/kg, y T3 (5 t/ha Lo + 50% FQ + *Trichoderma* + *Glomus*) con 172.25 mg/kg de NO_3 . Todos los tratamientos con mayor contenido de NO_3 , fueron los

que se les aplico fertilizante químico (Figura 2), aunque se encuentre por debajo del límite crítico de 400 mg/kg de NO₃ reportado por DOUE (2014).

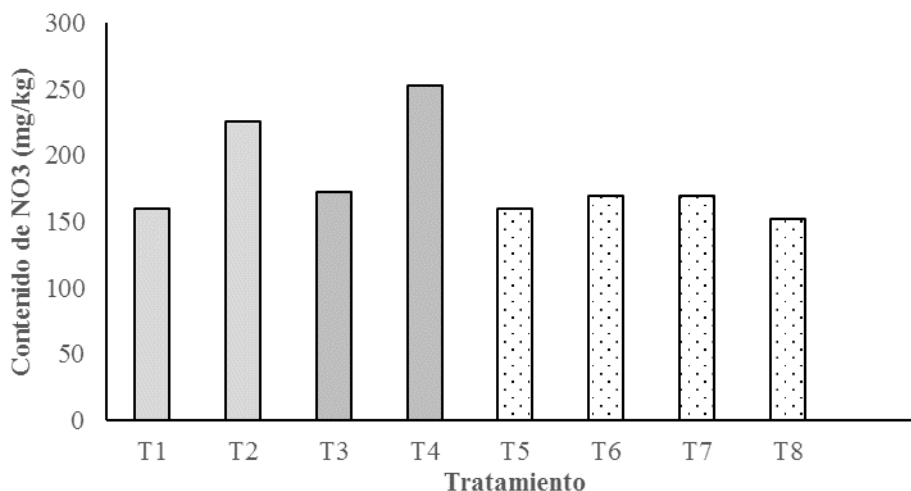


Figura 2. Contenido de nitratos en fruto de pepino con los tratamientos (T) aplicados.

Rendimiento

Los frutos presentaron longitudes entre 20.93 y 24.61 cm, que corresponden a los reportados como característicos del genotipo utilizado. Los valores más altos fueron para T4 (5 t/ha Lo + 50% FQ + *Trichoderma*) con 24.61 cm y T1 (5 t/ha Lo + 50% FQ) con 23.84 cm; sobresale el hecho que ambos tratamientos se les aplico 50% de fertilizante químico, pero T4 se complementó con *Trichoderma*. El T6 (10 t/ha Lo + *Glomus*), que es el tratamiento 100% orgánico, quedo en tercer lugar en orden descendente, aunque con solo un 3.91% de diferencia con T4 que fue el más alto. Las diferencias encontradas con el resto de los tratamientos orgánicos fueron de 6.37% para T5, 14.95% para T7 y 11.45% para T8. El tratamiento completamente orgánico (T7 que corresponde a 10 t/ha Lo + *Trichoderma* + *Glomus*) presentó la menor longitud (20.93 cm) lo que nos indica que posiblemente hubo alguna interacción entre los dos biofertilizantes *Trichoderma* y *Glomus*.

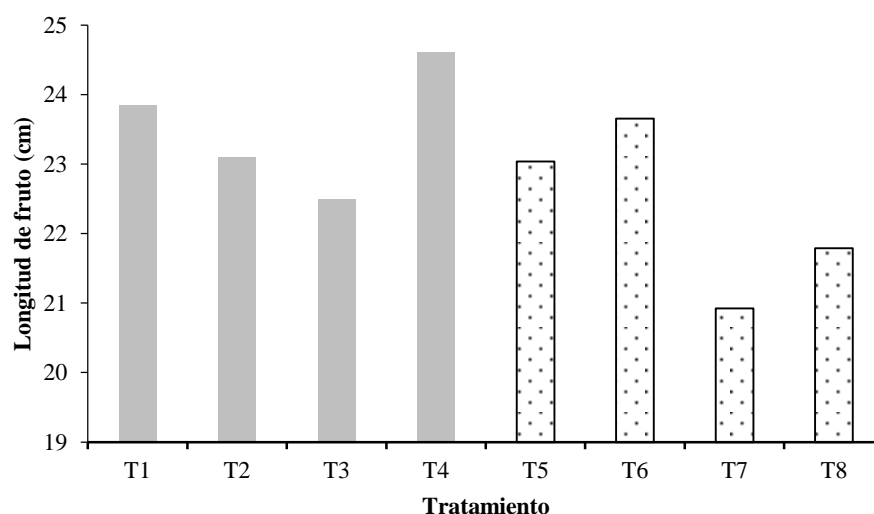


Figura 3. Longitud de frutos de pepino con tratamientos de fertilización.

Peso de frutos

El peso por fruto fluctuó entre 388.09 y 514.24 g (Cuadro 1). El mayor peso de frutos fue registrado con los tratamientos T1, T3 y T4 que recibieron fertilizante químico con 5 t/ha de lombricomposta. El más alto fue T1 (5 t/ha Lo + 50% FQ) con 514.24 g por fruto, le siguen en orden descendente T3 (5 t/ha Lo + 50% FQ + *Trichoderma* + *Glomus*) con 492.15 g por fruto y T4 (5 t/ha Lo + 50% FQ + *Trichoderma*) con 474.13 g. Es importante señalar que los tratamientos con *Trichoderma* fueron los más altos después de T1. El tratamiento orgánico que resultó con más peso fruto fue el T6 (10 t/ha Lo + *Glomus*) con 426.59 g.

Cuadro 1. Número total de frutos por parcela, rendimiento y peso de fruto de pepino con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento	No frutos	Rendimiento (t/ha)	Peso de fruto (g)
1. 5 t/ha lombricomposta + 50% FQ.	481	98.94*	514.24*
2. 5 t/ha lombricomposta + 50% FQ + <i>Glomus</i>	486*	77.70	399.71
3. 5 t/ha lombricomposta + 50% FQ + <i>Trichoderma</i> + <i>Glomus</i>	402	79.14	492.15
4. 5 t/ha lombricomposta + 50% FQ + <i>Trichoderma</i>	452	85.72	474.13
5. 10 t/ha lombricomposta	353	59.25	419.64
6. 10 t/ha lombricomposta + <i>Glomus</i>	335	57.16	426.59
7. 10 t/ha lombricomposta + <i>Trichoderma</i> + <i>Glomus</i>	371	58.94	397.22
8. 10 t/ha lombricomposta + <i>Trichoderma</i>	328	50.92	388.09

FQ=165-61-90 (N-P₂O₅-K₂O).





Rendimiento total

Los mayores rendimientos totales de frutos fueron obtenidos con T1 que corresponde a fertilizante químico y 5 t/ha de lombricomposta, seguido por T4 (5 t/ha Lo + 50% FQ + *Trichoderma*) con 85.72 t/ha, T3 (5 t/haLo +50% + *Trichoderma* + *Glomus*) con 79.14 t/ha y T2 (5 t/ha Lo +50% FQ + *Glomus*), también en esta variable los mejores tratamientos después de T1 fueron aquellos en que se aplicó *Trichoderma* sola y combinada con *Glomus*. Los tratamientos totalmente orgánicos (T5-T8) fueron rebasados por todos los tratamientos a los que se aplicó el 50% de fertilizante químico con 5 t/ha de lombricomposta, solos y combinados con *Trichoderma* y *Glomus*. El tratamiento orgánico con el rendimiento más alto, el T5 (10 t/ha Lo), fue rebasado por 39.69 t/ha, lo que representa un 40.11% de diferencia. Estos resultados muestran que el mejor tratamiento es aquel en que se combina la 50% de fertilización química con lombricomposta y biofertilizantes.

Conclusiones

1. Los valores más altos de clorofila medidos con índice SPAD se obtuvieron con los tratamientos orgánicos a base de 10 t/ha de lombricomposta, combinados con *Trichoderma* y *Glomus*. 2. El contenido de NO_3 no rebasó el Limite crítico de 400 ppm para pepino de invernadero en todos los tratamientos. 3. Los tratamientos con 50% de fertilizante químico (T1, T3 y T4) tuvieron los más altos pesos de fruto. 4. Los tratamientos con mayor rendimiento de frutos fueron todos los que recibieron fertilización química en 50% solo y combinado con lombricomposta, *Trichoderma* y *Glomus*. 5. Los tratamientos orgánicos y con fertilización química al 50%, *Glomus* y *Trichoderma* promovieron el crecimiento y rendimiento de frutos, por lo que se consideran una buena opción complementaria tanto para el cultivo tradicional como orgánico de pepino.





Literatura citada

- Aguado-Santacruz, G. A., Q. Rascón-Cruz y A. Luna-Bulbarela. 2012. Impacto económico y ambiental del empleo de fertilizantes químicos. p. 1-22. *In*: Aguado-Santacruz, G. A. (ed.). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP. SAGARPA. México.
- DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea). 2014. Reglamento (UE) nº 1258/2011 de 2 de diciembre de 2011 (03.12.2011) modifica el R(CE) 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de nitratos. p. 15-17. Revisión abril de 2014.
- Gómez, T. L. y M. A. Gómez C. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. *Biodiversitas* 55:13-15.
- González, P. J. M. y V. H. Reséndiz A. 2012. Uso de *Trichoderma* como agente promotor del crecimiento vegetal. p. 195-218. *In*: Aguado-Santacruz, G. A. (ed.). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP. SAGARPA. México.
- Moreno, R. A., J. Aguilar D. y A. Luévano G. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29:763-774.
- Soto, G. 2003. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. Unidad Regional de Asistencia Técnica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Turrialba, Costa Rica. 115 p.
- Torres, R. P. y O. Guerrero G. 2008. Eficiencia de *Trichoderma harzianum* y preparados microbiales sobre patógenos en cultivos. *Inventum* 3(5):22-28.





PRODUCTOS BIORRACIONALES CONTRA EL ÁCARO CARMESÍ EN SISTEMA PROTEGIDO EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ

Héctor Cabrera Mireles^{115*}, Andrés Vásquez Hernández¹¹⁵, Isaac Meneses Márquez¹¹⁵, Jorge Jiménez Zilli¹¹⁶, Félix David Murillo Cuevas¹¹⁷ y Arturo Andrés Gómez¹¹⁵

Resumen

En la actualidad, se ha avanzado en la eficiencia de plaguicidas botánicos para el combate y prevención de plagas en invernaderos, como los ácaros, que son difíciles de combatir debido a su elevada tasa de reproducción y a su capacidad para generar resistencia a plaguicidas. Por lo anterior se decidió evaluar productos biorracionales para su control de manera eficiente en pepino. Se evaluaron formulaciones a base de microorganismos, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Isaria javanica* y aceite de nim comparados contra un insecticida sintético de nueva generación, aplicados al follaje. Además, se evaluó su interacción con los biofertilizantes *Trichoderma harzianum* y *Glomus intraradices* aplicados a la semilla. Se manejó un diseño experimental factorial y los datos se analizaron con el modelo estadístico de efectos mixtos lineales. El ácaro carmesí (*Tetranychus cinnabarinus*) fue eficientemente controlado con productos de naturaleza botánica y microbiológica. Se detectaron bioplaguicidas sobresalientes para ser incorporados en estrategias de agricultura sostenible o incluso en agricultura orgánica, bajo condiciones de invernadero. De manera sobresaliente se detectó una interacción favorable entre los bioplaguicidas evaluados con el biofertilizante *G. intraradices*, cepa de INIFAP, que potenció la eficiencia para combatir ácaros en hortalizas en invernadero.

Palabras clave: entomopatógenos, botánicos, invernadero, muestreo, micorrizas

¹¹⁵ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *cabrera.hector@inifap.gob.mx

¹¹⁶ Empresa Gestoría y Consultoría. Agropecuaria.

¹¹⁷ Tecnológico Nacional de México/I.T. Úrsulo Galván.





Introducción

En México, la horticultura es una de las actividades más dinámicas y con mayor capacidad exportadora de sus productos, además de tener una particular importancia en la agricultura de subsistencia en las comunidades rurales y contribuir en la generación de empleos en el campo. Los cultivos de tomate, chile, calabacitas y pepino son importantes en producción y exportación (SIAP, 2018). Gran parte de la producción de estos cultivos se realiza en condiciones de invernadero, bajo el estatus de agricultura protegida (Rodríguez *et al.*, 2008; Barraza, 2012; Ortega-Martínez *et al.*, 2014; López-Elías *et al.*, 2015). El tomate ocupa el 70% del volumen producido en invernadero, el pepino 10%, el pimiento 5% y otros cultivos concentran un 15% (Destenave, 2007). Las cubiertas predominantes, en la agricultura protegida, en México son de malla sombra (50%) y plástico (47%). En el 2% se utiliza vidrio y en 1% otro tipo de material (Destenave, 2007). Este tipo de materiales se utiliza con la finalidad de proteger al cultivo contra los riesgos inherentes a la producción en libre exposición; su función principal es recrear las condiciones óptimas y apropiadas de radiación, temperatura, humedad y dióxido de carbono, para generar la reproducción, desarrollo y crecimiento de plantas, incrementando la producción en cantidad, calidad y oportunidad comercial (Castañeda *et al.*, 2007; Bastida, 2008; Moreno *et al.*, 2011). Sin embargo, las plagas no son controladas por estos confinamientos artificiales, por lo que tienen que controlarse, en el interior de éstos, mediante la aplicación de productos químicos (Guigón-López y González-González, 2007; Ruiz *et al.*, 2011; Solís-Aguilar *et al.*, 2015).

La utilización de diversos productos químicos para controlar las plagas y enfermedades en la producción agrícola, así como para disminuir los riesgos y pérdidas de los sistemas agrícolas, ha sido un reto permanente (Sánchez, 2002). El uso generalizado de tales productos se debe a las propiedades biocidas y selectividad que poseen; por ello, constituyen el método habitual de lucha contra las plagas. Estos insumos son esenciales en la agricultura moderna para el control de plagas y enfermedades e incrementar la productividad de los cultivos (Cortés *et al.*, 2006; Cooper y Dobson, 2007). La manipulación y aplicación de plaguicidas puede entrañar riesgos para el ser humano, ya sea como usuario o consumidor de vegetales, frutas y productos tratados (Pérez *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2013). Los riesgos también son para el propio cultivo y su entorno, para el ganado, para la fauna





terrestre y acuícola, y en definitiva para el equilibrio ecológico (Sánchez, 2002; Fenik *et al.*, 2011). En el último siglo, el uso de insecticidas sintéticos ha alcanzado un notable incremento, pero la carencia de regulación en su empleo y el aumento de dosis innecesarias, sin racionalidad, ha tenido efectos perjudiciales en el ambiente y la salud humana (Ruiz *et al.*, 2011). Estas consecuencias se ven reflejadas en el alto costo de la protección fitosanitaria, en la aparición de resistencia y de nuevos insectos plaga o en el aumento de los daños, como consecuencia de la eliminación sistemática de los enemigos naturales, que los mantenían a niveles tolerables (Ruiz *et al.*, 2011).

Una alternativa al uso de insecticidas químicos, para el combate de plagas, son los bioinsecticidas (García-Gutiérrez y González-Maldonado, 2010; Flores *et al.*, 2011), concepto aplicado en la industria de los agrobiológicos para designar a productos biológicos microbianos desarrollados hasta su formulación y producción industrial para uso en el control de insectos plaga (García-Gutiérrez y González-Maldonado, 2013). Los bioinsecticidas son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación del medio ambiente (García-Gutiérrez y González-Maldonado, 2010; Flores *et al.*, 2011; Nava-Pérez *et al.*, 2012). La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura (Nava-Pérez *et al.*, 2012). El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos (Leng *et al.*, 2011). Los bioinsecticidas utilizan microorganismos entomopatógenos variados y diversos. Entre ellos se encuentran un amplio grupo de virus, bacterias, nematodos y hongos, destacando por su uso las bacterias *Bacillus thuringiensis*, *Clostridium malacosome* y *Pseudomonas* spp., y los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Verticillium lecanii*, *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium longisporum* y *Lagenidium giganteum* (Nava-Pérez *et al.*, 2012). Cada uno de estos organismos varían en su manera de infectar, el sitio en que se replican, su viabilidad y el mecanismo patogénico. Así mismo las cepas y variedades dan como resultado diferentes grados de eficiencia. Mientras que algunos patógenos presentan rangos de hospederos muy amplios, la mayoría prefieren ciertas especies de insectos. También difieren en cuanto a su patogenicidad selectiva de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo del insecto huésped





(Nava-Pérez *et al.*, 2012). De tal manera que, para el desarrollo de una horticultura protegida y en crecimiento, con metas de mayor producción sustentable, protegiendo al ambiente y a la salud pública, es necesario contar con productos más amigables con el ambiente y eficientes contra las plagas, los cuales estén validados para garantizar la protección del cultivo.

Los biofertilizantes, término amplio utilizado para productos que contengan microorganismos vivos o latentes tales como bacterias, hongos, actinomicetos y algas solas o en combinación, que en la aplicación ayudan en la fijación de N atmosférico o solubilizan/mobilizan nutrientes del suelo además secretoras de sustancias promotoras del crecimiento, (FAO, 2009), han demostrado que interaccionan con la resistencia de plantas a patógenos e insectos plaga. La combinación de biofertilizantes con bioplaguicidas ha mostrado grandes ventajas, como ganancia en rendimiento y calidad de producción, así como conferir resistencia a plagas como ácaros y mosca blanca (Gupta y Dikshit, 2010). La combinación de micorrizas arbustivas *Trichoderma harzianum* con *Glomus intraradices* ha probado tener un efecto positivo en el cultivo de melón (Sosa *et al.*, 2006). Las cepas de *Trichoderma* más comercializadas para el control biológico son *T. viride*, *T. polysporum* y *T. harzianum*; esta última es la más utilizada y reportada en la literatura (Ávila-Miranda *et al.*, 2006).

Los sistemas protegidos, tipo invernadero tropical o bioespacio, son una alternativa de cultivo con grandes posibilidades de éxito, ya que el aislamiento del sistema reduce al mínimo los ataques de plagas transmisoras de enfermedades, lo que permite al productor obtener cosechas económicamente sustentables. Al producir con sistemas protegidos, es posible reducir al mínimo el uso de plaguicidas, o bien usar plaguicidas no tóxicos o muy poco tóxicos al ser humano, lo que es factor importante para poder cultivar de forma sustentable, lo que trae diversos beneficios a la comunidad como son: mejor precio del producto, producción ecológica libre de agroquímicos tóxicos, producir eficientemente bajo un sistema de producción familiar, ya que es posible que participe toda la familia sin los riesgos de salud inherentes a los sistemas tradicionales (Bustamante, 2003).

El objetivo planteado en este estudio fue comparar la eficiencia de bioplaguicidas en interacción con biofertilizantes para el control del ácaro carmesí (*Tetranychus cinnabarinus*) en el cultivo de pepino en un sistema protegido en clima tropical subhúmedo costero.





Materiales y métodos

Manejo del cultivo

Se utilizó el cultivo de pepino híbrido Diomede ginoico slicer tipo americano, el cual se estableció en un invernadero en los terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECOT) del INIFAP, ubicado en el km 34 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en el municipio de Medellín, Ver. Las condiciones ambientales del estudio corresponden a una planicie costera a 6 m de altitud, con un clima tropical subhúmedo, lo cual representa un reto para la utilización de invernaderos por las altas temperaturas prevalecientes, y crea un ambiente propicio para la expresión de plagas, especialmente para hortalizas.

El invernadero fue tipo túnel 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 estableció un sistema de riego presurizado para aplicar los fertilizantes químicos. Se formaron camas de siembra a todo lo largo del invernadero, con una altura aproximada de 40 cm y 1.0 m de ancho. Se aplicaron los abonos orgánicos lombricomposta o bocashi, en dosis de 5 t/ha, producidos en el centro de producción de abonos orgánicos del CECOT. El tratamiento de fertilización química se manejó de forma racional ecológica, aplicando sólo el 50% de este tratamiento recomendado 165-61-90 (50%: 82.5-30.5-45), ya que el complemento de nutrientes se aplicó mediante los abonos orgánicos.

Agroquímicos utilizados

Los bioplaguicidas evaluados fueron adquiridos con la compañía PHC: Neem, Cepas de *Metarhizium anisopliae*, *Isaria javanica* y *Beauveria bassiana*. Así mismo se incluyeron las cepas de *Isaria javanica* CHE-CNRCB 304, e *Isaria javanica* CHE-CNRCB 307. Por último, se incluyó un insecticida comercial de nueva generación, Overon, de la compañía Bayer. A cada cepa se le sometió a medio de cultivo para evaluar su vialidad, por lo que la cantidad de producto se ajustó a esos cálculos. La cepa de *Trichoderma harzianum* correspondió a la cepa T22 de la compañía PHC. La micorriza *Glomus intraradices* corresponde a una cepa del INIFAP.





Diseño experimental

Se utilizó un modelo experimental factorial en arreglo de bloques completos al azar (4), con bioplaguicidas (11), biofertilizantes (4) y días después de la aplicación de los bioplaguicidas (DDA) (Cuadro 1). La variable de respuesta registrada fue la suma de adultos, ninfas y huevos del ácaro sobrevivientes, los cuales se incluyeron a la fórmula de Henderson y Tilton para estimar la eficiencia. En total se realizaron cinco muestreos de las variables de respuesta: un muestreo antes de la aplicación de los bioplaguicidas y cuatro muestreos posteriores, que correspondieron a los 3, 5, 7 y 14 DDA de los bioplaguicidas (muestreo de control: número de individuos plaga existentes en la plantación que fueron sujetos a ser combatidos). Así mismo, uno de los tratamientos correspondió a un blanco, que se ubicó en cada bloque experimental y que fue usado como control de poblaciones plaga existentes en cada fecha de muestreo, para cada bloque experimental. De esta manera cada bloque experimental contó con una referencia (control) de poblaciones plaga para cada bioplaguicida y de una referencia (control) para cada bloque experimental. La eficiencia, de los bioplaguicidas, se calculó mediante la aplicación de la fórmula de Henderson y Tilton (1985). Para fines del análisis, el tratamiento de bioplaguicida, denominado blanco, se incorpora en el cálculo de la eficiencia, por lo que ya no se presenta en los resultados. Los datos se analizaron con el modelo estadístico de efectos mixtos lineales con el programa IBM SPSS Statistics 20.

Diseño del experimento

En el invernadero se cuenta con ocho camas de 50 m de largo por 1 m de ancho. En la preparación de las camas, se incluyó la aplicación del *G. intraradices* previo a la colocación del acolchado plástico. Se realizaron los orificios para siembra espaciados cada 50 cm en tresbolillo, por lo que se obtiene una doble hilera en cada cama. Se marcaron parcelas experimentales de dos plantas por hilera (total cuatro plantas por parcela), con dos parcelas útiles, obteniendo así un total de 54 parcelas experimentales. Por lo que se marcaron bloques de 12 parcelas (= 24 plantas por bloque por hilera) y en total por cada cama se marcaron cuatro bloques (= 24 plantas por bloque multiplicadas por cuatro, equivale a 96 plantas por hilera) quedando libres 20 plantas que se distribuyeron como bordos de los bloques (equivale a cuatro plantas de bordo). En cada bloque se aleatorizaron los 12





bioplaguicidas, incluyendo un blanco sin aplicación, que se utilizó en la fórmula de Henderson y Tilton (1985).

Una parcela útil consistió en las dos plantas centrales, en las que se seleccionaban aleatoriamente dos hojas por planta, siempre del lado interior de la cama, una hoja en la parte superior de la planta y la otra hoja en la parte media de la misma planta. En cada hoja se tomaron muestras en el haz y el envés.

Cada muestra consistió en el número de organismos observados con lupa de 20x en un área de 1 cm², que es la que corresponde al visor de los lentes de aumento usados, que contaban con fuente de luz blanca con lámpara led.

Para la preparación de los bioplaguicidas, se designaron bombas aspersoras para cada producto microbial y para el botánico, de tal manera que se evitó posible contaminación. En todos los casos el agua a usar para cada tratamiento se ajustó a un pH de 5.6 con el buferizante DapPlus ®Química Sagal. Para el caso de los microbiales, primero se agregó un adherente/dispersante no iónico Inex ®Cosmolcel, a razón de 2 mL/L agua, y por último se agregó el microbial. Los bioplaguicidas se asperjaron al follaje, colocando mamparas plásticas para aislar las parcelas contiguas.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para controlar al acaro *Tetranychus cinnabarinus* en pepino en un sistema protegido.

Bioplaguicidas
1. Aceite de Nim (4% i.a.) ®PHC
2. <i>Metarhizium anisopliae</i> ®PHC 1x10 ⁷ mL ⁻¹
3. <i>Beauveria bassiana</i> ®PHC 1x10 ⁷ mL ⁻¹
4. <i>Isaria javanica</i> ®PHC 1x10 ⁷ mL ⁻¹
5. <i>Isaria javanica</i> CHE-CNRCB 304 1x10 ⁷ mL ⁻¹
6. <i>Beauveria bassiana</i> ®PHC 1x10 ⁸ mL ⁻¹ + <i>Isaria javanica</i> CHE-CNRCB 307 1x10 ⁷ mL ⁻¹
7. Nim aceite más <i>Metarhizium anisopliae</i> ®PHC 1x10 ⁷ mL ⁻¹
8. Nim aceite más <i>Beauveria bassiana</i> ®PHC 1x10 ⁷ mL ⁻¹
9. Nim aceite más <i>Isaria javanica</i> CHE-CNRCB 304 1x 10 ⁷ mL ⁻¹
10. Nim aceite más <i>Isaria javanica</i> ® PHC1x 10 ⁷ mL ⁻¹
11. Plaguicida comercial Overon ®Bayer 0.5 mL L ⁻¹
12. Blanco (sin aplicación de plaguicidas)
Biofertilizantes
<i>Trichoderma harzianum</i> Cepa T-22 ®PHC
<i>Glomus intraradices</i> Cepa INIFAP
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Glomus intraradices</i>)
Blanco (sin biofertilizante)





Aplicación de biofertilizantes

T. harzianum: fue aplicado mezclado con las semillas. *G. intraradices*: este hongo micorrízico que actúa como un biofertilizante se obtuvo del cepario de INIFAP en el Campo Experimental Bajío, y se aplicó al suelo antes de la siembra. Mezcla de *T. harzianum* con *G. intraradices*: ambos se mezclaron físicamente y se aplicaron a las semillas antes de la siembra. Blanco: corresponde a camas de siembra sin ningún biofertilizante.

En el cultivo de pepino se presentó la plaga de ácaro carmesí en poblaciones que no llegaron a ser muy altas y no lograron presentarse con gran cobertura, limitándose a manchones en números bajos. Por lo que la evaluación esperó hasta contar con poblaciones suficientes que proporcionaran resultados que pudieran ser analizados.

Los factores principales correspondieron a los biofertilizantes y a los bioplaguicidas, sin embargo, se incluyó un tercer factor que fue el DDA (días después de la aplicación de los bioplaguicidas) que correspondieron a cuatro fechas de muestreo, con la idea de determinar la capacidad de los tratamientos biológicos y botánico para combatir las plagas, considerando especialmente que a este tipo de tratamientos les toma días para ejercer la muerte de los organismos a combatir, por lo que fue necesario hacer evaluaciones hasta los 14 días después de aplicar los bioplaguicidas.

Resultados y discusión

El modelo aplicado mostró diferencias estadísticas en el factor DDA ($p < 0.0001$) y las interacciones Biofertilizante * Bioplaguicida ($p = 0.004$) y Biofertilizante * Bioplaguicida * DDA ($p = 0.027$). En el Cuadro 2 se aprecia que la eficiencia de bioplaguicidas se incrementa con los días después de su aplicación.

En la Figura 1 se muestra la eficiencia de los 11 bioplaguicidas evaluados en diferentes días después de la aplicación. Se observa que la mayor interacción se presentó en el muestreo de los 5 DDA, donde los tratamientos 2, 6, y 9 tuvieron menos de 80% de eficiencia, mientras que el resto, ésta se mantuvo entre 90 y 100%. Incluso el tratamiento comercial logró alcanzar el 100% de eficiencia desde los 3 DDA. A partir de los 7 DDA hasta los 14 DDA, todos los tratamientos resultaron muy similares con eficiencia del 100%.





Cuadro 2. Descriptores estadísticos del efecto combinado de dos biofertilizantes con 11 bioplaguicidas en relación a los *DDA para control del ácaro *Tetranychus cinnabarinus* en pepino en ambiente protegido. Variable de estudio = Suma de estados de desarrollo vivos del acaro ajustados por mortalidad del testigo con la fórmula de Henderson y Tilton.

*DDA	Eficiencia (%)	Error típico	G.L.	Intervalo de confianza 95%	
				Límite inferior	Límite superior
3	89.999	0.958	918	88.118	91.879
5	94.260	0.940	918	92.415	96.106
7	98.382	0.940	918	96.537	100.228
14	99.193	0.940	918	97.348	101.039

*DDA= Días después de la aplicación de los bioplaguicidas. G.L.=Grados de libertad.

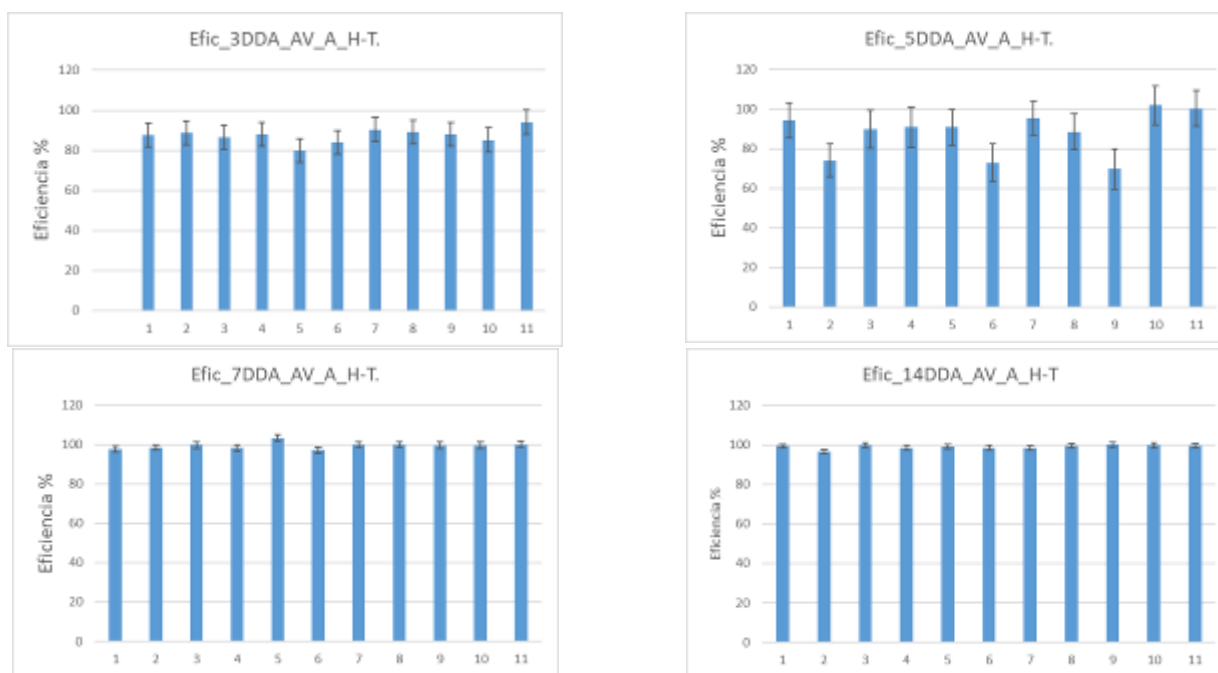


Figura 1. Eficiencia de 11 bioplaguicidas en cuatro fechas de muestreo (3, 5, 7 y 14 DDA) en el control del ácaro *Tetranychus cinnabarinus* en pepino en ambiente protegido. Cálculos de eficiencia corregidos con la fórmula de Henderson y Tilton. Bioplaguicidas: 1) Nim 4%, 2) *Metharrizium anisopliae*, 3) *Beauveria bassiana*, 4) *Isaria javanica*, 5) *Isaria javanica*, 6) *B. bassiana* + *I. javanica*, 7) Nim 4% + *M. anisopliae*, 8) Nim 4% + *B. bassiana*, 9) Nim 4% + *I. javanica*, 10) Nim 4% + *I. javanica*, 11) Overon®.

En la Figura 2, se observa que la mayor interacción de la eficiencia de los biofertilizantes ocurrió a los 3 DDA, donde el blanco (sin biofertilizante) registró la menor eficiencia en el control del ácaro. Así mismo, el biofertilizante *G. intraradices* mostró la mayor eficiencia.



La evaluación de productos naturales representa un especial reto debido a que su acción generalmente es retardada y ocasiona una serie de interacciones con el ambiente, donde la temperatura y la humedad relativa juegan un papel importante.

Para el combate del ácaro en cultivo de pepino, resaltó la interacción del biofertilizante *G. intraradices* con todos los tratamientos menos con la mezcla de Nim 4% con *B. bassiana* de PHC y de manera particular los tratamientos de *M. anisopliae*, *B. bassiana* + *I. javanica* y Nim 4% + *I. javanica*, que les tomó más tiempo para expresar su alta eficiencia.

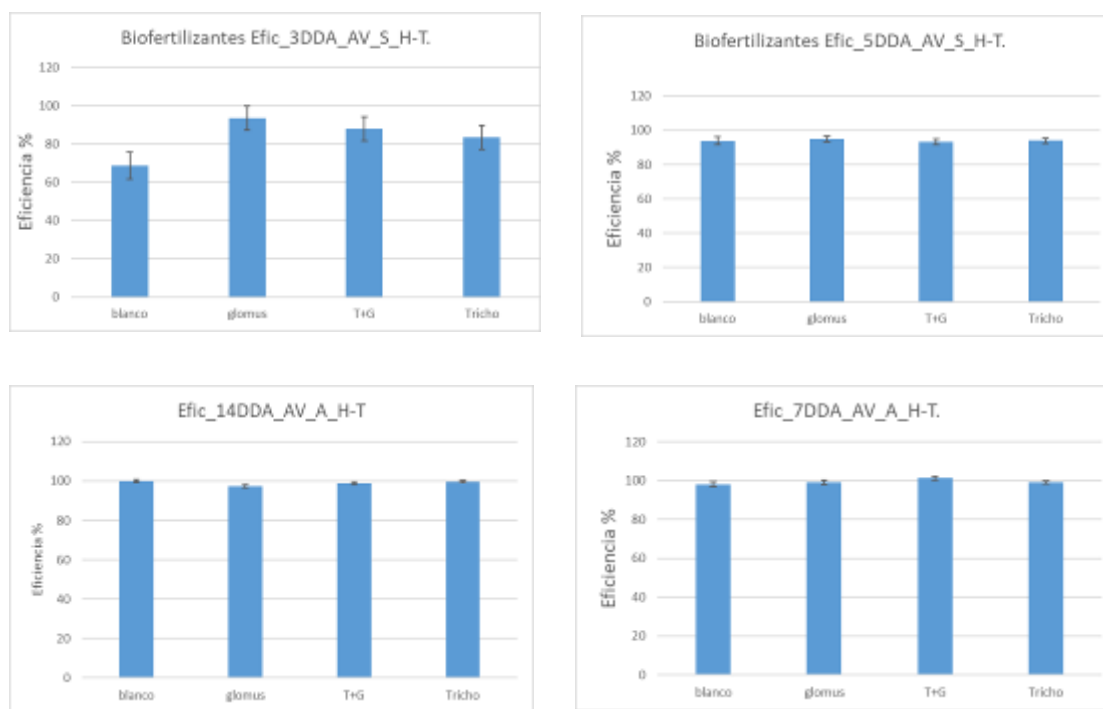


Figura 2. Eficiencia de dos biofertilizantes en cuatro fechas de muestreo (3, 5, 7 y 14 DDA) en el control del ácaro carmesí (*T. cinnabarinus*) en pepino en ambiente protegido. Biofertilizantes: *T. harzianum* T22 PHC®; *G. intraradices* cepa INIFAP®; Mezcla *T. harzianum* + *G. intraradices*; Blanco (sin biofertilizante).

Conclusiones

1. El ácaro carmesí (*T. cinnabarinus*) fue controlado eficientemente en pepino con productos de naturaleza botánica y microbiológica, contando con propuestas de bioplaguicidas sobresalientes para ser incorporados en estrategias de agricultura sostenible para





condiciones de invernadero. 2. De manera sobresaliente se detectó una interacción favorable entre los bioplaguicidas evaluados con el biofertilizante *G. intraradices*, cepa de INIFAP, que potenció la eficiencia para combatir plagas en hortalizas en invernadero. 3. De entre las cepas de microorganismos, sobresalieron las dos que fueron proporcionadas por el Centro Nacional de Referencia en Control Biológico (SENASICA), las cuales compitieron con las cepas comerciales evaluadas. 4. La combinación de Neem con los entomopatógeno demostró un incremento en su eficiencia para controlar al acaro carmesí.

Literatura citada

- Ávila-Miranda M. E., A. Herrera-Estrella and J. J. Peña-Cabriales. 2006. Colonization of the rhizosphere, rhizoplane and endorhiza of garlic (*Allium sativum* L.) by strains of *Trichoderma harzianum* and their capacity to control allium white-rot under field conditions. *Soil Biol. Biochem.* 38:1823-1830.
- Barraza, A. F. V. 2012. Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios* 17(2):18-29.
- Bastida, A. 2008. Los invernaderos en México. Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 123 p.
- Bustamante, O. J. de D. 2003. Bioespacios y la modificación microclimática, alternativa de control del "chino" en jitomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill.) y otras hortalizas. p. 245-252. *In: Castellanos J. Z. y J. J. Muñoz (eds.). Memorias del Curso Internacional sobre la Producción de Hortalizas en Invernadero.* INIFAP. Celaya, Gto. México.
- Castañeda, M. R., E. Ventura R., R. de R. Peniche V. y G. Herrera Ruíz. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia* 41(3):317-335.
- Cooper, J. and H. Dobson. 2007. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Prot.* 26:1337-1348.
- Cortés, J. M., R. Sánchez, E. Díaz-Plaza, J. Villen and A. Vázquez. 2006. Large volume GC injection for the analysis of organophosphorus pesticides in vegetables using the through oven transfer adsorption desorption (TOTAD) interface. *J. Agric. Food Chem.* 54(6):1997-2002.





- Destenave, J. C. 2007. La producción de cultivos en invernaderos la mejor alternativa para invertir en México. *El Campo Avanza*. Órgano Informativo de la Secretaría de Fomento Agropecuario 2:9.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. Glosario de agricultura orgánica. <http://www.fao.org/organicag/es/> [consultado 1 de agosto de 2018].
- Fenik, J., M. Tankiewicz and M. Biziuk. 2011. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *Trends Anal. Chem.* 30:814-826.
- Flores, A. P., R. M. Egúsqiza C., M. Alcarraz C., H. J. C. Woolcott, E. Benavides R., J. Godoy A. *et al.* 2011. Biodiversidad de *Bacillus thuringiensis* aislados de agroecosistemas peruanos y evaluación del potencial bioinsecticida. *Ciencia e Investigación* 14(1):29-34.
- García-Gutiérrez, C. y M. B. González-Maldonado. 2010. Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Ra Ximhai* 6(1):17-22.
- García-Gutiérrez, C. y M. B. González-Maldonado. 2013. Síntesis sobre el uso de bioinsecticidas y otros agentes de control biológico de plagas en México. *Vedalia* 14(1):35-42.
- Guigón-López, C. y P. A. González-González. 2007. Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 1(2):36-47.
- Gupta, S. and A. K. Dikshit. 2010. Biopesticides: An eco-friendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides* 3(1 Special Issue):186-188.
- Leng, P., Z. Zhang, G. Zan and M. Zhao. 2011. Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology* 10(86):19864-19873.
- López-Elías, J., S. Garza O., M. A. Huez L., J. Jiménez L. y E. O. Rueda P. 2015. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal* 11(24):25-36.
- Moreno, R., D. Aguilar y G. Luévano. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 29:763-774.
- Nava-Pérez, E., C. García-Gutiérrez, J. R. Camacho-Báez y E. L. Vázquez-Montoya. 2012. Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai* 8(3):17-29.





- Ortega-Martínez, L. D., J. Ocampo-Mendoza, E. Sandoval-Castro, C. Martínez-Valenzuela, A. Huerta-de la Peña y J. L. Jaramillo-Villanueva. 2014. Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan, Puebla, México. *Revista Bio Ciencias* 2(4):261-270.
- Pérez, M. A., A. Segura, R. García, T. Colinas, M. Pérez, A. Vázquez *et al.* 2009. Residuos de plaguicidas organofosforados en cabezuela de brócoli (*Brassica oleracea*) determinados por cromatografía de gases. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25:103-110.
- 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.
- Rodríguez, D. N., P. Cano R., U. Figueroa V., A. Palomo G., E. Favela C., V. de P. Álvarez R. *et al.* 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):265-272.
- Ruiz, N. R. E., J. A. Ruiz N., S. Guzmán G. y E. J. Pérez L. 2011. Manejo y control de plagas del cultivo de tomate en Cintalapa, Chiapas, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27(2):129-137.
- Sánchez, R. A. J. 2002. Plaguicidas y fitosanitarios. Memorias. XIII Congreso Nacional Farmacéutico. Granada, España.
- SIAP. 2018 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, año 2018. SAGARPA. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. [consultado el 4 de abril de 2018].
- Solís-Aguilar, J. F., D. E. Flores-Moreno, J. F. Díaz-Nájera, M. A. Tejeda-Reyes T. S. Marroquín-Pérez. 2015. Extracto de *Tagetes* spp. en el control de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) en pepino, en ciudad Ayala, Morelos. *Entomología Mexicana* 2:451-455.
- Sosa, R. T., J. Sánchez N., E. Morales G. y F. Cruz C. 2006. Interacción micorrizas arbusculares-*Trichoderma harzianum* (Moniliaceae) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). *Acta Biológica Colombiana* 11(1):43-54.





USO DE MICORRIZAS Y FERTILIZACIÓN MINERAL EN TRES GENOTIPOS DE PAPAYA

Marcos Vázquez Hernández^{118*}, Joel Meza Martínez¹¹⁹, Andrés Vázquez Hernández¹¹⁸ y Minerva Vázquez Rodríguez¹²⁰

Resumen

La papaya es uno de los cultivos de mayor importancia económica en México. Sin embargo, la producción monovarietal, basada en la variedad “Maradol”, aunado al exceso e indiscriminado uso de agroquímicos para mantener sano al cultivo, al alto requerimiento de fertilizante y agua para mantener su crecimiento y producción continua de frutos repercute en altos costos de producción. Se evaluó el efecto de la inoculación con el hongo micorrízico *Glomus intraradices* y tres niveles de fertilización mineral sobre el crecimiento y producción de tres genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) tipo “Maradol”. El trabajo se realizó en una parcela del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2x3x3; donde los factores fueron: la inoculación con *G. intraradices* (con y sin), nivel de fertilización (33% 66% y 100% de la fórmula 235-42-222) y tres genotipos (MSXJ, Maradona y Maradol roja). Se consideraron cuatro plantas como unidad experimental con tres repeticiones. Las variables de estudio fueron: altura de planta, diámetro de tallo, altura a la primera flor, altura al primer fruto, número de frutos por planta, peso promedio de frutos y rendimiento por hectárea. Los resultados mostraron que los genotipos respondieron mejor en los niveles del 33 y 66% de fertilización en las plantas inoculadas con *G. intraradices*, donde se obtuvieron los más altos rendimientos (47.2 y 20.4% respecto a las plantas sin inoculadas). Las plantas inoculadas con *G. intraradices* presentaron menor altura y diámetro de tallo. No se encontraron diferencias entre genotipos de papaya respecto a la altura a la primera flor por efecto de la inoculación y de las dosis de fertilización.

¹¹⁸ Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. *marcos_vh@hotmail.com

¹¹⁹ Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala.

¹²⁰ Instituto Tecnológico de Cosamaloapan.





Palabras clave: *Carica papaya* L., dosis de fertilización, *Glomus intraradices*

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.), ocupa el sexto lugar en producción mundial dentro de las frutas tropicales, después de la banana, naranja, mango, plátano y piña. En el 2014 se tuvo una producción de 12.67 millones de toneladas, que representa alrededor del 15% del total de producción de frutas tropicales (FAO, 2017). Además, ocupa el tercer lugar dentro del consumo de frutas tropicales y es uno de los cultivos más importantes en México, ya que ocupa el 5º lugar dentro de los principales países productores de papaya, después de la India, Brasil, Nigeria e Indonesia (FAO, 2017). México sobresale como principal exportador de papaya, teniendo como principal destino los Estados Unidos (84%) (Feitó y Portal, 2013).

La producción de papaya en México se concentra en la variedad Maradol, con valores que oscilan entre el 90.34% al 97.16% de la superficie cosechada de papaya a partir del 2003. El uso de una sola variedad de papaya representa un serio problema, como es la alta susceptibilidad a plagas, enfermedades y la producción de frutos deformes (frutos carpeloides) debido a altas temperaturas ($>35^{\circ}\text{C}$) (Vargas *et al.*, 2004). Por otra parte, el cultivo requiere aplicaciones continuas de fertilizante y agua para su desarrollo y producción continua (Nakasone y Paull, 1998). Las aplicaciones continuas de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, así como las aplicaciones de fertilizantes minerales incrementan los costos de producción. Existen otros genotipos de papaya, unos que ya se encuentran en el mercado y otros en desarrollo, que pudieran presentar rendimientos mayores a los que obtienen con la variedad Maradol.

El uso de micorrizas, en diversos sistemas de producción, han demostrado incrementos en el rendimiento en diferentes cultivos, así mismo, han bajado los costos de producción al reducir el uso de fertilizantes minerales hasta un 50%. Las principales funciones de las micorrizas son: facilitar la adquisición y absorción de agua, fósforo y nitrógeno a la planta, aumento del área de exploración de la raíz (Camargo-Ricalde *et al.*, 2012). Además, favorecen la diversidad de micro y macroorganismos del suelo benéficos al cultivo y antagónicos a patógenos causantes de enfermedades (Téliz y Mora, 2007) y mejoran la calidad de su





estructura del suelo (Azcón-Aguilar y Barea, 1997). Estudios realizados por Quiñones-Aguilar *et al.* (2012) mencionan que el cultivo de papaya responde positivamente a la asociación micorrízica en vivero. Por otra parte, Vázquez-Hernández *et al.* (2011), encontraron resultados favorables en condiciones de campo, en cuanto a su efecto en el crecimiento de la planta y el rendimiento del cultivo.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres niveles de fertilización y la inoculación con *G. intraradices* sobre el crecimiento de la planta y la producción de fruto de tres genotipos de papaya bajo las condiciones edáficas y climáticas de la región central de Veracruz.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en una parcela experimental dentro del Campo Experimental Cotaxtla. Las plántulas se produjeron bajo condiciones de invernadero con techo de plástico blanco y paredes de malla antiáfidos. Las semillas utilizadas de las variedades fueron: Maradol roja de la empresa Semilla del Caribe, MSXJ de INIFAP y Maradona de Keithly Williams. Las semillas se embebieron en agua limpia por 48 horas, con cambios de agua cada 12 horas y solución de Procloraz al 1% en el último cambio. Luego fueron colocadas en una franela húmeda hasta la emisión de la radícula. Se procedió a la inoculación con *G. intraradices* (2000 esporas por cada 100 gramos de inóculo) en los tratamientos respectivos y se colocaron en vasos de plástico de 222 mL (Reyma, No. 5.5) con sustrato estéril suelo:peat moss:arena, (2: 1: 1; 120 °C /3 h). Las plántulas se trasplantaron cuando alcanzaron entre 10 y 15 cm de altura (Vázquez-Hernández *et al.*, 2011).

La preparación del terreno se realizó 40 días antes del trasplante. Se sembraron tres hileras de maíz y una de Jamaica en el contorno de la parcela, como barrera viva para obstaculizar el vuelo horizontal de áfidos, y reducir el ingreso de partículas virales a la plantación. La plantación se estableció con una densidad de 2200 plantas por ha, con una distancia entre plantas de 1.8 m y 2.5 m entre surco. La parcela se dividió en dos secciones para el tratamiento con micorrizas (con y sin) y tres subsecciones para el tratamiento con las dosis





de fertilización con el 100, 66 y 33% de la fórmula 235-42-222 (N-P-K). Dentro de cada subparcela se establecieron los tres genotipos de papaya.

Las variables de estudio fueron: altura de planta, diámetro de tallo, días desde de la emergencia del botón floral a antesis, altura a la primera flor, altura al primer fruto, número de frutos por planta, peso promedio de frutos y rendimiento por hectárea. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial.

Resultados y discusión

Las mayores diferencias en la altura y diámetro del tallo se encontraron a los 120 y 210 días después del trasplante (Cuadro 1). El efecto de las micorrizas fue mayor en las dosis de fertilización del 33 y 66%; sin embargo, las plantas sin inocular presentaron mayor altura y diámetro del tallo que las plantas inoculadas.

Cuadro 1. Altura de planta y diámetro de tallo de tres genotipos de papaya con y sin micorriza bajo tres dosis de fertilización.

Trat.	Dosis de fertilización (235-42-222)	Interacción	Altura de planta (cm)			Diámetro del tallo (mm)		
			Días después del trasplante			Días después del trasplante		
			30	120	210	30	120	210
1	33%	M1G1	36.42 ab	145.17 ab	173.17 a	24.21 ab	92.46 a	107.93 a
2		M1G2	33.92 b	122.58 bc	150.75 a	22.37 b	88.03 a	115.59 a
3		M1G3	35.29 ab	112 c	147.17 a	22.04 b	67.96 b	93.8 a
4		M2G1	36.63 ab	149.92 a	165 a	24.71 ab	103.85 a	111.43 a
5		M2G2	41.93 a	129.58 abc	155 a	28.67 a	101.85 a	109.64 a
6		M2G3	33.71 b	134 abc	165.71 a	21.61 b	95.32 a	110.96 a
7	66%	M1G1	28.54 b	123.33 b	135.5 cd	18.06 c	78.98 c	96.58 b
8		M1G2	35.21 a	123.25 b	162.5 b	22.31 ab	102.27 ab	128.95 a
9		M1G3	35.79 a	137.17 b	128.67 d	19.97 bc	91.25 bc	84.3 b
10		M2G1	32.42 ab	155.08 a	184.08 a	21.8 b	102.05 ab	119.48 a
11		M2G2	35.5 a	133.17 b	150 bc	25.28 a	110.31 a	120.91 a
12		M2G3	32.58 ab	139.5 ab	161.08 b	20.42 bc	89.3 bc	119.31 a
13	100%	M1G1	31.04 a	130.25 ab	166.42 ab	21.26 a	84.48 ab	95.62 d
14		M1G2	30.04 a	111.33 b	165.67 ab	20.1 a	89.98 ab	121.99 b





Continúa Cuadro 1...

Trat.	Dosis de fertilización (235-42-222)	Interacción	Altura de planta (cm)			Diámetro del tallo (mm)		
			Días después del trasplante			Días después del trasplante		
			30	120	210	30	120	210
15	100%	M1G3	32.5 a	114.75 ab	143.13 b	20.62 a	75.78 b	98.4 d
16		M2G1	27.92 a	135.75 a	176.17 a	19.81 a	85.46 ab	100.3 cd
17		M2G2	34.17 a	128.42 ab	179.5 a	22.36 a	93.6 a	143.29 a
18		M2G3	29.75 a	114.25 ab	178.08 a	19.14 a	78.74 ab	113.02 bc

Medias por columna dentro de cada nivel de fertilización, con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey ($p > 0.05$). M1 = Con *G. intraradices*, M2=Sin *G. intraradices*; G1=MSXJ, G2= Maradona, G3=Maradol roja.

Los resultados son diferentes a los obtenidos por Quiñones-Aguilar *et al.*, (2014a, 2014b) quienes encontraron que la inoculación con hongos micorrízicos incrementó significativamente el crecimiento de planta en papaya cera. Por su parte, Vázquez-Hernández *et al.*, (2011), encontraron que la inoculación con micorrizas, aumento el crecimiento en altura y diámetro del tallo en plantas de papaya Maradol roja, comparado con las plantas que solo recibieron fertilización mineral.

El efecto negativo de los tratamientos con micorrizas en esta investigación se debió posiblemente a la alta concentración de P en el suelo ($2,250 \text{ mg kg}^{-1}$), que de acuerdo con Sangabriel-Conde *et al.* (2010) y Alarcón y Ferrera-Cerrato (1999) un suelo rico en nutrientes, principalmente en P afecta la colonización e inhibe efecto benéfico de los hongos micorrízicos sobre las plantas. Por otra parte, la alta precipitación causo inundaciones en la zona y afectó las parcelas donde se encontraban los tratamientos con micorrizas, causando retraso en el crecimiento. Mirafuentes *et al.* (2006) y Vázquez-García *et al.* (2010) señalan que el cultivo de papaya es muy susceptible a los excesos de humedad en el suelo.

La primera flor es inversamente proporcional a la dosis fertilización, es decir, la altura a la primera flor disminuye al aumentar la dosis de fertilización (Cuadro 2). Por el contrario, la altura al primer fruto fue mayor con el 100% de fertilización. Maradona presentó la menor altura a la primera flor y MSXJ la menor altura al primer fruto, independientemente de la dosis de fertilización y de la inoculación micorrízica (Cuadro 2). Este resultado puede ser efecto del alto contenido de nutrientes del suelo, además de la adición de los fertilizantes minerales. No obstante, los valores obtenidos para dicha variable se consideran bajos dentro de los parámetros de selección de genotipos de papaya (Alonso-Esquivel *et al.*, 2008). Castro-Cabrera (2009), menciona que la altura al primer fruto se ve afectada por el alto contenido de





nutrientes en el suelo, entre más nutrientes se encuentren en el suelo, se presentará menor altura al primer fruto. Por otra parte, Mirafuentes *et al.* (2006), señalaron que una mayor altura al primer fruto puede ser ocasionada por las altas temperaturas del ambiente, presentándose abscisión o aborto de los primeros frutos, en este sentido la variedad Maradol roja fue la más susceptible y MSXJ la que menos se vio afectada por las altas temperaturas. Estudios realizados por Mirafuentes y Santamaría (2014) encontraron que el híbrido MSXJ y la variedad Maradol roja no presentaron diferencias significativas en las evaluaciones realizadas en Huimanguillo, Tab. y Mocochoá, Yuc., presentando valores de 44 a 48 cm y de 70 y 69 cm, respectivamente. Mora y Bogantes (2004) evaluaron nueve híbridos de papaya en la región de Pococí, no encontraron diferencias significativas al en la altura al primer fruto, reportan valores entre 53 y 82 cm.

Cuadro 21. Altura a la primera flor y altura al primer fruto de tres genotipos de papaya con y sin micorriza bajo tres dosis de fertilización.

Tratamiento	Dosis de fertilización (235-42-222)	Interacción	Altura a la primera flor (cm)	Altura al primer fruto (cm)
1	33%	M1G1	45.08 a	70.83 a
2		M1G2	40.00 a	80.17 a
3		M1G3	43.83 a	81.58 a
4		M2G1	43.33 a	48.75 b
5		M2G2	42.25 a	83.42 a
6		M2G3	44.08 a	76.75 a
7	66%	M1G1	37.83 d	76.58 ab
8		M1G2	40.75 bcd	77.50 a
9		M1G3	48.17 a	82.67 a
10		M2G1	46.08 ab	63.58 b
11		M2G2	38.42 d	69.75 ab
12		M2G3	44.50 ab	78.92 a
13	100%	M1G1	42.58 ab	79.33 bc
14		M1G2	40.25 ab	80.42 abc
15		M1G3	45.67 a	88.67 a
16		M2G1	40.42 ab	72.25 c
17		M2G2	42.25 ab	83.42 ab
18		M2G3	36.50 b	76.58 bc

Medias por columna dentro de cada nivel de fertilización, con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey ($p > 0.05$). M1=Con *G. intraradices*, M2=Sin *G. intraradices*; G1=MSXJ, G2= Maradona, G3=Maradol roja.





En los componentes del rendimiento, la inoculación micorrízica incrementó significativamente el número de frutos por planta, independientemente de la dosis de fertilización; sin embargo, el mayor efecto se obtuvo con el 66 y 33% de la fertilización (Cuadro 3). El peso promedio de frutos fue directamente proporcional a la dosis de fertilización, con valores de 1.43, 1.48 y 1.56 kg en las dosis del 33, 66 y 100% de fertilización, respectivamente. Con base en lo anterior, el rendimiento fue superior en las plantas inoculadas con *G. intraradices*, en todos los niveles de fertilización. Los genotipos MSXJ y Maradona tuvieron rendimientos significativamente superiores al obtenido en Maradol roja.

Cuadro 3. Número de frutos por planta, peso promedio de frutos y rendimientos de tres genotipos de papaya con y sin micorriza bajo tres dosis de fertilización.

Tratamiento	Dosis de fertilización (235-42-222)	Interacción	Frutos por planta	Peso promedio de frutos (kg)	Rendimiento por ha (t/ha)
1	33%	M1G1	40.83 a	1.64 b	146.94 a
2		M1G2	23.75 b	1.2 e	62.72 bc
3		M1G3	17.42 bc	1.37 d	52.57 c
4		M2G1	29.5 ab	1.61 c	104.45 ab
5		M2G2	23.92 b	1.08 f	56.54 c
6		M2G3	4.67 c	1.67 a	17.16 c
7	66%	M1G1	38.58 a	1.45 d	122.64 a
8		M1G2	34.75 a	1.12 f	85.88 b
9		M1G3	15.5 c	1.45 c	49.32 c
10		M2G1	14.58 c	2.03 a	65.04 bc
11		M2G2	28.25 ab	1.19 e	74.01 bc
12		M2G3	21.08 bc	1.62 b	75.15 bc
13	100%	M1G1	23.17 a	1.66 b	84.59 a
14		M1G2	29 a	1.25 f	79.94 ab
15		M1G3	9.17 b	1.66 c	33.42 c
16		M2G1	22 ab	1.6 d	77.64 ab
17		M2G2	19.83 ab	1.47 e	64.17 abc
18		M2G3	9.5 b	1.72 a	35.98 bc

Medias por columna dentro de cada nivel de fertilización, con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey ($p > 0.05$). M1=Con *G. intraradices*, M2=Sin *G. intraradices*; G1=MSXJ, G2= Maradona, G3=Maradol roja.





Conclusiones

1. El uso de micorrizas, en la producción de papaya, permite reducir significativamente las cantidades de fertilizantes minerales al suelo hasta un 66% de fertilizantes minerales en el cultivo. 2. Los genotipos presentaron diferentes grados de respuestas a la inoculación con *Glomus intraradices* en el incremento del rendimiento. 3. Los genotipos presentaron diferentes grados de respuesta a los niveles de fertilización. Los híbridos MSXJ y Maradona presentaron rendimientos mayores a Maradol en los niveles de fertilización evaluados, sobresaliendo MSXJ en la fertilización de 33 y 100% mientras que Maradona solo en la fertilización del 66%.

Literatura citada

- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoam.* 17(3):179-191.
- Alonso-Esquivel, M., Y. Tornet-Quintana, R. Ramos-Ramírez, E. Farrés-Armenteros, M. Aranguren-González y D. Rodríguez-Martínez. 2008. Evaluación de tres cultivares de papaya del grupo solo basada en caracteres de crecimiento y productividad. *Agricultura Técnica en México* 34:333-339.
- Azcón-Aguilar, C. and M. J. Barea 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Sci. Horticult.* 68:1-24.
- Camargo-Ricalde, S. L., N. Manuel-Montaña, C. J. De la Rosa-Mera y S. A. Montaña-Arias. 2012. Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo. *Rev. Dig. Univ.* 13:1067-60710.
- Castro-Cabrera, R. 2009. Diferentes frecuencias de aplicación de nutrimentos minerales en el cultivo de papaya 'Maradol' bajo condiciones de fertirriego. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 50 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2017. Statistical database Internet <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [consultado el 16 de mayo de 2017].





- Feitó, M. D., y M. Portal B. 2013. La competitividad en las exportaciones de papaya de México: un análisis cuantitativo. *Perspectivas: Revista de análisis de economía, comercio y negocios internacionales* 7:27-54.
- Mirafuentes, H. F. y F. Santamaría B. 2014. MSXJ, híbrido de papaya sin carpeloidía para el sureste de México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 5:1297-1301.
- Mirafuentes, H. F., V. Palacio M. y M. Alonso B. 2006. Manual de producción de papaya (*Carica papaya* L.) para el trópico húmedo de México. Folleto para Productores N° 4. INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chis., México. 40 p.
- Mora, E. y A. Bogantes. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. *Rev. Agron. Mesoam.* 15:39-44.
- Nakasone, H. Y. and R. E. Paull. 1998. *Tropical fruits*. 1st ed. CAB International. Wallingford, UK. 445 p.
- Quiñones-Aguilar, E. E., E. Hernández-Acosta, G. Rincón-Enríquez y R. Ferrera-Cerrato. 2012. Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoam.* 30: 165-176.
- Quiñones-Aguilar, E. E., L. López-Pérez y G. Rincón-Enríquez. 2014a. Dinámica del crecimiento de papaya por efecto de la inoculación micorrízica y fertilización con fósforo. *Rev. Chapingo Serie Horticult.* 20:223-237.
- Quiñones-Aguilar, E. E., L. López-Pérez, E. Hernández-Acosta, R. Ferrera-Cerrato y G. Rincón-Enríquez. 2014b. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya* L. *Interciencia* 39:198-204.
- Sangabriel-Conde, W., D. Trejo-Aguilar, A. Soto-Estrada, R. Ferrera-Cerrato y L. Lara-Capistrán. 2010. Potencial de colonización de hongos micorrízico-arbusculares en suelos cultivados con papayo bajo diferentes manejos de producción. *Rev. Mex. Micol.* 31:45-52.
- Téliz, O. D. y A. Mora A. 2007. El manejo integrado del aguacate. P. 287-306. *In: Téliz O. D. y A. Mora A. (eds.). El aguacate y su manejo integrado*. 2^a ed. Ediciones Mundiprensa. México, D. F.
- Vargas, G. E., D. Munro O., H. Rico P., G. Díaz G., J. G. Garza L. y C. González R. 2004. Nuevos cultivares de papaya (*Carica papaya* L.) para el trópico seco de México. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Valle de Apatzingán. 40 p.





- Vázquez-García, E., H. Mata-Vázquez, R. Ariza-Flores y F. Santamaría-Basulto. 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya Maradol en la planicie Huasteca, Tamaulipas, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 138 p.
- Vázquez-Hernández, M. V., L. Arévalo-Galarza, D. Jaen-Contreras, J. L. Escamilla-García, A. Mora-Aguilera and E. Hernández-Castro. 2011. Effect of *Glomus mosseae* and *Entrophospora colombiana* on plant growth, production, and fruit quality of 'Maradol' papaya (*Carica papaya* L.). *Sci. Horticult.* 128:255-260.





COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL LIMÓN PERSA/DRAGÓN VOLADOR, EN ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN (AÑO 3). VERACRUZ, MÉXICO

Sergio Alberto Curti Díaz¹²¹, Carlos Hernández Guerra¹²² y Cynthia Guadalupe Rodríguez Quiblera¹²¹

Resumen

Se evaluó el comportamiento agronómico de árboles de limón Persa injertados en dragón Volador, plantados en un sistema rectangular a 3, 4 y 5 m entre hileras y 2 m dentro de hileras, en su tercer año de producción y quinto de haberse establecido en un suelo profundo, franco arcilloso y ácido. Se describe el crecimiento y producción del árbol durante enero a diciembre de 2017. Los resultados más relevantes fueron: a) No existió diferencia ($P > 0.05$), entre las tres densidades de población estudiadas, en el diámetro de los troncos del patrón y del limón Persa, en la relación diámetro del patrón/diámetro del limón Persa, ni en altura de la copa, cuyos promedios fueron 11.53 cm, 8.81 cm, 1.33 y 2.19 m, respectivamente, b) El diámetro de la copa registrada de este a oeste, fue mayor conforme la amplitud de la calle también fue mayor (3.58, 2.93 y 2.64 m, para 5, 4 y 3 m de separación entre hileras, respectivamente); mientras que el diámetro promedio (este-oeste y norte-sur), así como el índice de conformación de copa (altura de copa/diámetro promedio de copa), fue mayor para la densidad poblacional más baja (1,000 árboles por hectárea), con 2.92 m y 0.73, respectivamente, c) La producción promedio de las 10 cosechas realizadas en el año, fue mayor en los árboles establecidos con la menor densidad (1,000 árboles por hectárea) que, en aquellos correspondientes a la densidad de población intermedia y alta, con 31.45, 22.58 y 20.14 kg por árbol, respectivamente y d) El mismo comportamiento ocurrió con la eficiencia productiva de la copa, calculada con base al área transversal del tronco del limón Persa, pues fue de 0.51 kg/cm² para la densidad menor, la cual superó a los valores de las otras densidades (0.42 y 0.32 kg/cm², para 1,250 y 1667 árboles/ha, respectivamente). Los

¹²¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco. curti.sergio@inifap.gob.mx

¹²² Investigador del INIFAP hasta mayo de 2018





últimos dos resultados (c y d), sugieren que ya existe competencia por la luz solar, entre árboles en las densidades intermedia y alta.

Palabras clave: *Citrus latifolia*, arreglo topológico, tamaño de árbol, eficiencia productiva.

Introducción

Este documento incluye los resultados de enero a diciembre de 2017 sobre el comportamiento agronómico del limón Persa injertado en dragón Volar y establecido en tres densidades de plantación, en seguimiento a lo reportado en 2016 por Curti-Díaz *et al.* (2017). El experimento se estableció en 2012 con la premisa de usar densidades de población mayores a las convencionales, tiene entre otras, las ventajas siguientes: incrementa el rendimiento, compensa los bajos precios durante los periodos de alta producción, compensa la rentabilidad de la huerta durante los periodos de producción baja, mejora la eficiencia productiva del suelo, reduce costos por tonelada de fruta producida, facilita el manejo de las aspersiones a la copa, facilita la cosecha y mejora la calidad de la fruta (Tucker y Wheaton, 1978; Sobrinho *et al.*, 2002; Wheaton *et al.*, 1995). Se hace énfasis en dos premisas para lograr el éxito de un sistema de manejo con altas densidades de población: a) el arreglo topológico de los árboles debe ser adecuado para lograr un mayor aprovechamiento de la luz. La interceptación de la luz, es el factor más importante a considerar para diseñar una huerta, una vez que las necesidades de agua y los nutrimentos han sido satisfechas (Wheaton *et al.*, 1978 y Tucker *et al.* 1994). De acuerdo con Kuo-Tan *et al.* (2006), la productividad del árbol puede ser directamente relacionado con la cantidad de luz interceptada por la copa. En ese sentido, los sistemas de plantación en tresbolillo (triángulo) o marco real son ineficientes cuando se usan distancias cortas entre hileras debido a que el sombreado entre árboles vecinos ocurre a los pocos años de establecida la huerta (Curti-Díaz *et al.*, 2014) y si las distancias son amplias, se desaprovecha el terreno y b) El manejo en altas densidades conlleva el compromiso de controlar el tamaño del árbol, dado que las distancias deben ser las más cortas posibles y, si el porte del árbol es alto, favorecería el sombreado de árboles vecinos. Además, se tiene el conocimiento de que la mayoría de los





frutos cítricos se producen en los primeros 90 cm exteriores de la copa, donde la luz que recibe el follaje es adecuada para formar las yemas florales (Shertz y Brown, 1966, citados por Phillips, 1978); por lo que una copa de 2.0 m de diámetro y 2.5 m de altura, teóricamente sería totalmente productiva (Wheaton *et al.*, 1991). El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de árboles de limón Persa injertados en dragón Volador, plantados en un sistema rectangular a 3, 4 y 5 m entre hileras y 2 m dentro de hileras, en su quinto año de plantado y tercer año de producción.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en febrero de 2012, en la finca “El Rapadero, ubicada en el ejido Cañadas, de Martínez de la Torre, Ver., cuyo suelo es profundo, de textura franco arcillosa y ácido (pH 5). Se usaron plantas de limón Persa (*Citrus latifolia*) injertadas en dragón Volador (*Poncirus trifoliata*), dado su característica de inducir árboles de porte bajo, obtenidas en un vivero certificado, establecidas en tres densidades de plantación: 1,000, 1,250 y 1,667 árboles por hectárea, variando la distancia entre hileras en 5, 4 y 3 m, respectivamente; la distancia entre árboles dentro de hileras fue de 2 m para los tres tratamientos. El manejo agronómico del huerto estuvo a cargo del productor cooperante.

Las variables de estudio, las cuales se registraron de enero a diciembre de 2017, fueron: 1) Diámetro el tronco. Se dividió la circunferencia de cada uno de los troncos, medida a 10 cm de distancia de la unión portainjerto/injerto (m), entre el valor de π y se expresó en cm; se obtuvo la relación diámetro tronco portainjerto/diámetro tronco limón Persa, 2) Dimensiones de la copa: a) Diámetro (a un metro del suelo) y b) Altura (del suelo a la parte superior de la copa), c) Índice de conformación de la copa (ICC). Se obtuvo dividiendo la altura del árbol entre su diámetro (Ledo *et al.*, 2008) y d) Volumen de copa total (VCT), estimada mediante la fórmula propuesta por Mendel (1956, citada por Stenzel *et al.*, 2005): $V = \frac{2}{3}\pi R^2 H$, donde V representa el volumen (m^3), π , R es el radio de la copa (m) y H es la altura real del árbol (m) y se expresó en metros cúbicos de VCT, 3) Rendimiento. Se cosecharon, contaron y pesaron todos los frutos del árbol y 4) Eficiencia productiva. Dividiendo los kilogramos de fruta por árbol entre los centímetros cuadrados del área transversal del tronco del limón Persa (kg





fruta/cm²) y entre los metros cúbicos de volumen total de copa (kg de fruta/m³ de copa). Se usó un diseño de bloques al azar, tres tratamientos (densidades de plantación) y 20 repeticiones, con un árbol de unidad experimental. Los datos registrados se analizaron con el programa Statistical Analysis System, versión 9.2, y para la separación de medias se usó la Prueba de Tukey a una probabilidad de error del 5 %.

Resultados y discusión

Diámetro del tronco. No hubo diferencia estadística para el diámetro del tronco patrón, ni del tronco del limón Persa, entre las tres densidades de población (DP) evaluadas (Cuadro 1), cuyos promedios fueron 11.53 cm y 8.81 cm, respectivamente; cabe comentar que el grosor del tallo del patrón fue 30.9 % mayor que el grosor del tallo del limón Persa, desproporción que es normal cuando el patrón es un *Poncirus trifoliata* (Curti-Díaz *et al.*, 2012a; Leal-Barrera *et al.*, 2012). La relación resultante del diámetro del tronco del patrón entre el correspondiente al limón Persa (1.32 en promedio), tampoco difirió entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1); lo que sugiere que, a los cinco años de edad de los árboles, aún no existe la competencia por luz y nutrimentos suficiente, para modificar estas variables o, bien, no son fácilmente modificables.

Cuadro 1. Dimensiones de la copa del limón Persa/Dragón Volador establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. Agosto, 2017.

Densidad de población (árboles/ha)	Diámetro del tronco (cm)		DTP/DTLP ^z
	Patrón	Limón Persa	
1,000	11.92 a	8.83 a	1.37 a
1,250	10.98 a	8.53 a	1.30 a
1,667	11.65 a	9.08 a	1.30 a
Promedio	11.53	8.81	1.32
DMS ^y	1.1096	0.9598	0.1433
CV (%) ^x	12.933	14.643	14.5317

^z DTP: diámetro del tronco del patrón; DTLP: diámetro del tronco de limón Persa; ^y Diferencia mínima significativa: medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05); ^x Coeficiente de variación.





Dimensiones de la copa. La altura de la copa fue igual para las tres DP (Cuadro 2), con un promedio de 2.19 m, sin haber reducido la altura del árbol con alguna poda; esta altura es normal dado que el patrón dragón Volador induce achaparramiento del árbol (Leal-Barrera *et al.*, 2012; Mademba-Sy *et al.*, 2012) Sin embargo, el diámetro de la copa medida de este a oeste fue mayor mientras mayor fue la separación de las hileras de los árboles, con un promedio de 3.58, 2.93 y 2.63 m, para las DP 1,000, 1250 y 1,667, respectivamente; cabe mencionar, que un año antes, esta variable no difirió entre las DP intermedia y alta (Curti-Díaz *et al.*, 2017), por lo que su diferencia ahora, sugiere que el sombreado en los árboles de la DP de 1,667 fue mayor, y que esto haya limitado su desarrollo de la copa (este-oeste). De la misma manera, el diámetro promedio (este-oeste y norte-sur) de los árboles de la DP más baja, fue mayor que la DP intermedia y alta, siendo iguales entre sí (Cuadro 2); esta misma respuesta, seguramente en función de la competencia de luz, se obtuvo desde el año anterior (Curti-Díaz *et al.*, 2017). El diámetro de la copa medida de norte a sur, fue igual para las tres DP (2.29 m, en promedio), lo que resulta lógico dado que su crecimiento en este sentido se encuentra limitado debido a que las copas entre árboles vecinos dentro de hileras, con 2 m de separación, ya se habían juntado desde 2016.

Cuadro 2. Dimensiones de la copa del limón Persa/Dragón Volador establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. Agosto 2017.

Densidad de población (árboles/ha)	Altura (m)	Diámetro de copa (m)			ICC ^z
		Este a Oeste	Norte a Sur	Promedio	
1,000	2.12a ^y	3.58 a	2.26a	2.92a	0.73 b
1,250	2.18a	2.93 b	2.23a	2.58 b	0.85a
1,667	2.21a	2.64 c	2.39a	2.51 b	0.89a
Promedio	2.194	3.08	2.29	3.01	0.82
DMS ^y	0.117	0.295	0.283	0.189	0.079
CV (%) ^x	15.443	12.850	16.578	16.531	12.980

^z Índice de conformación de copa = Altura de copa/Diámetro promedio de copa; ^y Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05); ^x Coeficiente de variación.

El ICC de los árboles de la DP baja (1,000 plantas/ha), fue menor que el registrado para los árboles de los demás tratamientos, dado el mayor desarrollo del diámetro de su copa y el limitado crecimiento de la misma en las DP intermedia y alta (Cuadro 2). Un ICC menor de 1,





es muy típico en cítricos, y se han registrado valores más bajos que los del presente estudio, en limón Persa con otros patrones (ejemplo con citrange Carrizo y limón Volkameriana, con ICC de 0.64 y 0.63, respectivamente; Curti-Díaz *et al.*, 2014), cuando el árbol tiene libre crecimiento, en ambas direcciones.

Producción de fruta. Se realizaron 10 cosechas desde enero a diciembre de 2017, de las cuales la de enero, junio, noviembre y diciembre, fueron superiores en los árboles de la DP baja (Cuadro 3); lo que marca una clara tendencia de que la producción por árbol, con las DP intermedia y alta, está siendo menor, a consecuencia de un menor desarrollo de copa (Cuadro 2) y, posiblemente, a una menor disponibilidad de luz solar, como lo indican Kuo-Tan *et al.* (2006), Wheaton *et al.* (1978) y Tucker *et al.* (1994), Curti-Díaz *et al.* (2012b), entre otros.

Cuadro 3. Producción por corte del limón Persa injertados en Dragón Volador establecidos en un suelo ácido en tres densidades de plantación. Martínez de la Torre, Ver. Agosto 2017.

DP ^z	Rendimiento de fruta (kg-árbol ¹)									
	Ene	Feb	Mar	May	Jun	Jul	Sep	Oct	Nov	Dic
1,000	14.0 a	4.9 a	3.8 a	44.4 a	94.6 a	17.2 a	11.0 b	21.8 a	29.0 a	69.3 a
1,250	10.6 ab	4.4 a	2.6 a	47.4 a	53.5 b	15.7 a	22.4 a	22.7 a	14.1 b	37.1 b
1,667	7.1 b	2.8 a	4.2 a	53.0 a	34.1 b	17.1 a	12.8 b	18.9 a	17.5 b	35.1 b
Promedio	10.74	4.09	3.51	48.00	62.68	16.68	15.25	21.20	20.66	48.40
DMS ^y	5.386	3.164	1.833	12.724	29.550	3.483	7.229	10.619	9.719	18.826
CV (%) ^x	67.413	103.912	70.251	35.630	63.370	28.070	63.735	67.324	63.225	52.282

^z Densidad de población (árboles/ha); ^y Diferencia Mínima Significativa: Medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales; ^x Coeficiente de variación.

Los árboles de las DP intermedia y alta también tuvieron valores menores en su rendimiento acumulado durante todo el año, en comparación con el obtenido por los árboles de la DP más baja (1,000 árboles por hectárea, Cuadro 4); reducción que fue muy importante, pues fue de 28.2 y 36.0 %, en el orden señalado, con respecto al rendimiento de los árboles establecidos con la DP baja.





Cuadro 4. Rendimiento total por árbol del limón Persa injertado en dragón Volador y establecido en tres densidades de plantación. Martínez de la Torre, Ver. 2017.

Densidad de población (árboles/ha)	Rendimiento por árbol, acumulado de enero a diciembre de 2016	
	Frutos	Kilogramos
1,000	310.04 a	31.45 a
1,250	230.57 b	22.58 b
1,667	202.25 b	20.14 b
Promedio	251.20	25.10
DMS ^Z	56.34	5.27
CV (%) ^Y	30.14	28.23

^Z Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales; ^Y Coeficiente de variación.

Eficiencia productiva. La eficiencia productiva de la copa, calculada con base al área transversal del tronco del limón Persa fue mayor estadísticamente ($P < 0.05$) para la densidad menor (0.515 kg/cm^2) que la correspondiente a las otras densidades (Cuadro 5); mientras que dicha eficiencia no difirió cuando se estimó con base a la producción por volumen de copa total. El hecho de que, en la cosecha anterior no haya habido diferencia entre densidades en los dos índices mencionados (Curti-Díaz *et al.*, 2017) y esté año sí, sugiere que la competencia por luz solar y, tal vez, por nutrientes del suelo, ya esté ocurriendo.

Cuadro 5. Eficiencia productiva del limón Persa/Dragón Volador establecido en tres densidades de población. Martínez de la Torre, Ver. 2017.

Densidad de población (árboles/ha)	Índice de eficiencia productiva (kg de fruta)	
	$\text{kg/cm}^2 \text{ ATTLP}^Y$	$\text{kg/m}^3 \text{ VCT}^X$
1,000	0.515 a	4.249 a
1,250	0.416 b	4.039 a
1,667	0.321 b	3.939 a
Promedio	0.42	4.09
DMS ^X	0.098	1.103
CV (%) ^W	31.15	36.28

^Z Área Transversal del tronco del limón Persa; ^Y Volumen de copa total; ^X Diferencia mínima significativa; medias con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05); ^W Coeficiente de variación.

A manera de recapitulación cabe comentar que, en este tercer año, fueron muy marcados los efectos negativos en producción y en las dimensiones de copa, asociados a una mayor





densidad de plantación y, no solo entre las DP intermedia y alta, con respecto a la DP baja; sino también entre la producción de 2016, con respecto a la de esta cosecha (2017), en la que disminuyó en general, alrededor de 20 % (comparados con datos de Curti Díaz *et al.*, 2017).

Esta disminución de rendimiento, entre años y entre DP, no puede atribuirse únicamente a las altas densidades estudiadas, sino también al manejo agronómico que realiza el productor. Un factor indispensable y, enunciado en la introducción de este trabajo, es la premisa de que el manejo de altas densidades de población “conlleva el compromiso de controlar el tamaño del árbol”; lo cual no se ha cumplido en esta huerta mediante la poda requerida; es necesario enfatizar que ésta, es una práctica obligada, sobre todo cuando se manejan altas densidades de población, para mejorar la intercepción de luz (Wheaton *et al.*, 1978). Según Wheaton *et al.* (1991) un árbol modelo no requeriría más de 2 m de diámetro; sin embargo, en este estudio los árboles que están separados por 3 m entre hileras, tienen un diámetro de copa de 2.64 m, dejando una calle libre para recibir la luz solar de solo 36 cm. Al respecto y, para evitar competencia de luz entre árboles vecinos, Tucker *et al.* (1994), refieren que la altura del árbol no debe exceder el doble del ancho de la calle libre; en el presente estudio la altura promedio del árbol fue de 2.19 m, lo que requeriría una calle libre de al menos un metro. Es necesario entonces, evaluar formas y frecuencia de poda para abrir las calles, en el supuesto de que con ello, se recuperaría el rendimiento de los árboles.

Conclusiones

- a) No existió diferencia entre las tres densidades de población estudiadas, en el diámetro de los troncos del patrón y del limón Persa, en la relación diámetro del patrón/diámetro del limón Persa, ni en altura de la copa.
- b) El diámetro de la copa registrada de este a oeste fue mayor, conforme la amplitud de la calle también fue mayor; mientras que el diámetro promedio (este-oeste y norte-sur), así como el índice de conformación de copa (altura de copa/diámetro promedio de





- copa), fueron mayores para la densidad poblacional más baja (1,000 árboles por hectárea).
- c) La producción promedio de las 10 cosechas realizadas en el año, fue mayor en los árboles establecidos con la menor densidad (1,000 árboles por hectárea) que, en aquellos correspondientes a la densidad de población intermedia y alta.
 - d) La eficiencia productiva de la copa, calculada con base al área transversal del tronco del limón Persa fue mayor para la DP menor que la correspondiente a las otras densidades.

Literatura citada

- Curti-Díaz, S. A.; C. Hernández-Guerra, R.X. Loredó-Salazar. 2012a. Productividad de limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(3): 291-305.
- Curti-Díaz, S. A.; C. Hernández-Guerra, R.X. Loredó-Salazar y J. I. López-Arroyo. 2012b. Productividad de árboles internos y orilleros de una huerta comercial de limón Persa con alta densidad de plantación. XV Congreso Nacional y 1er. Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Puebla, Puebla. México.
- Curti-Díaz, S. A., C. Hernández-Guerra, R. X. Loredó-Salazar y J. I. López-Arroyo. 2014. Incremento de la productividad del limón Persa usando altas densidades de plantación. X Simposio Internacional Citrícola y 2º. Simposio Internacional sobre HLB en cítricos ácidos. Puerto Escondido, Oaxaca. México.
- Kuo-Tan, L., J. P. Syvertsen and J. Dunlop. 2006. Defoliation after harvest with a trunk shaker does not affect canopy light interception in orange trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 119:187-189.
- Leal-Barrera, R., S. A. Curti-Díaz y C. Hernández-Guerra. 2012. Comportamiento agronómico del limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en 16 patrones, en un suelo franco arenoso. p. 32-38. In: Memoria del Congreso Mexicano de Investigación en Cítricos 2012. Boca del Río, Veracruz.





- Ledo, A. da S., T. K. de Oliveira., R. Ritzinger and F. F. Azevedo. 2008. Acid limes, mandarin and hybrids production in different rootstocks in Acre State, Brazil. *Revista Ciencia Agronómica* 39(2):263-268.
- Mademba-Sy, F.; Z. Lemerre-Desprez and S. Lebegin. 2012. Use of Flying Dragon Trifoliolate Orange As Dwarfing Rootstock for Citrus Under Tropical Climatic Conditions. *HortScience* 47(1):11-17.
- Phillips, R. L. 1978. Tree size control hedging and topping citrus in high-density plantings. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:43-46.
- Sobrinho, J. T., A. A. Salibe., J. O. de Figueiredo e. H. Schinor. 2002. Adensamento de plantio para laranja 'Hamlin' sobre limoeiro 'Cravo' em Cordeirópolis (SP). *Laranja* 23: 439-452.
- Stenzel, N. M. C., C. S. V. J. Neves., M. B. D. S. Scholz., J. C. Gomes. 2005. Comportamento da laranja 'Folha Murcha' em sete porta-enxertos no Noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Frutic.* 27(3):408-411.
- Tucker, D. P. H. and T. A. Wheaton. 1978. Spacing trends in higher citrus planting densities. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:36-40.
- Tucker, D. P. H., T. A. Wheaton and R. P. Muraro. 1994. Citrus tree Spacing. Fact Sheet HS-143. University of Florida. 10 p.
- Wheaton, T. A., W. S. Castle., D. P. H. Tucker and J. D. Whitney. 1978. Higher density plantings for Florida citrus. Concepts. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 91:27-33.
- Wheaton T. A., W. S. Castle., J. D. Whitney and D. P. H. Tucker. 1991. Performance of citrus scion cultivars and rootstocks in a high-density planting. *HortScience* 26 (7):837-840.
- Wheaton, T. A., J. D. Whitney, W. S. Castle, R. P. Muraro, H. W. Browning and D. P. H. Tucker. 1995. Citrus scion and rootstock, topping height, and tree spacing affect tree size, yield, fruit quality, and economic return. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(5):861-870.





VERACRUZ 2018



PECUARIA



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ADICIÓN DE EXTRACTO DE SEMILLA DE *Moringa oleifera* SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA EN SEMEN OVINO CRIOPRESERVADO

José María Carrera Chávez^{123*}, Mónica Edith Bojórquez Salcedo¹²³, Andrés Quezada Casasola¹²³,
José Alberto Núñez Gastélum¹²⁴, Eduardo Pérez Eguía¹²³, María Angélica Escárcega Ávila¹²³
y Ernesto Orozco Lucero¹²³

Resumen

La contaminación bacteriana del semen puede ocurrir en cualquier momento durante el proceso de conservación del mismo. Esta contaminación puede afectar la calidad del semen debido a daños estructurales en los espermatozoides causados por bacterias, además de que el uso de antibióticos contribuye al desarrollo de resistencia, la cual puede ser transferida a otras bacterias en otras especies. En este estudio se evaluó la actividad microbiológica de la adición de extracto de semilla de *Moringa oleifera* en el semen de ovino criopreservado. Se utilizaron ocho sementales de pelo. Se utilizó un diluyente a base de TRIS y yema de huevo, para luego dividir las muestras en cuatro: Control, 0.5, 5.0 y 10.0 mg/mL de extracto de semilla de *Moringa oleifera*, y se realizó la criopreservación en una congeladora automática. Se evaluaron las características espermáticas mediante un análisis de semen asistido por computadora, y se realizó la evaluación microbiana mediante el método de Miles y Misra. Las variables se analizaron con un ANOVA y se compararon con la prueba de Tukey. La actividad antimicrobiana fue mayor para el tratamiento de 10.0 mg/mL (4.12 ± 0.63 UFC x FD) en comparación con los tratamientos con 0.5 mg/mL (6.63 ± 1.34 UFC x FD) y 5.0 mg/mL (7.50 ± 1.24 UFC x FD), pero menor en comparación con el antibiótico comercial (0.0 ± 0.0 UFC) ($P < 0.05$). La viabilidad y motilidad progresiva obtenida fue mayor en Moringa 0.5 (51.33 ± 3.31 y 45.61 ± 3.47) en relación a Moringa 5.0 (48.76 ± 3.77 y 43.31 ± 3.82), Moringa 10.0 (44.71 ± 2.96 y 38.71 ± 2.88), y control (41.44 ± 2.17 y 35.84 ± 2.15) ($P < 0.05$). En conclusión, la adición de 10 mg/mL de extracto de *M. oleifera* al semen redujo el crecimiento bacteriano sin afectar las características espermáticas del semen de ovino criopreservado.

¹²³Departamento de Ciencias Veterinarias. *jose.carrera@uacj.mx

¹²⁴Departamento de Químico Biológicas. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.





Palabras clave: criopreservación de semen, ovinos, antibióticos, *Moringa oleifera*

Introducción

En ovinos, una de las mayores limitantes para el uso de la inseminación artificial (IA) es la variación en la efectividad, siendo la calidad del semen uno de los factores que más afectan el resultado. El intercambio global de semen incrementa la necesidad de criterios estrictos para asegurar que el semen utilizado se encuentre libre de agentes infecciosos, con el fin de evitar diseminación de enfermedades (Andrabi *et al.*, 2016) o debido a que algunas bacterias tienen efectos adversos sobre los espermatozoides, como un incremento en la apoptosis, reducción de la motilidad, aglutinación de espermatozoides y reducción en los porcentajes de reacción acrosomal (Zeyad *et al.*, 2018). Lo anterior puede ser controlado añadiendo antimicrobianos a los conservadores de semen; sin embargo, cualquier uso de antimicrobianos puede contribuir al desarrollo de resistencia (Morrel, 2016). Dado lo anterior, la Organización Mundial de la Salud considera que la resistencia a los antimicrobianos es un serio y complejo problema, que requiere monitoreo local, nacional o mundial en medicina humana y animal (Pantozzi *et al.*, 2010). Asimismo, existen reportes que demuestran que añadir antimicrobianos al semen puede causar daños en los espermatozoides (Pokharkar y Patel, 2015; Boonthai *et al.*, 2016).

A pesar de la gran importancia ligada a la calidad bacteriológica del semen congelado, se han realizado pocos estudios específicos para verificar la habilidad de los antimicrobianos comunes añadidos a los conservadores para proteger en contra de los microorganismos presentes en el semen (Gloria *et al.*, 2014), o estudios que planteen el uso de extractos de plantas como reemplazo de los antimicrobianos convencionales, lo que podría contribuir a resolver el problema de la resistencia a los antimicrobianos (Berkovich *et al.*, 2013), y al mismo tiempo conservar la viabilidad espermática. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la adición de extracto de semilla de *Moringa oleifera* sobre la actividad antimicrobiana en semen de ovino criopreservado.





Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Reproducción Animal del Departamento de Ciencias Veterinarias del Instituto de Ciencias Biomédicas, perteneciente a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (31°44'22" N, 106°29'13" O y a 1,120 m.) (INEGI, 2017). Se utilizaron ocho sementales adultos de razas de pelo (Katahdin, Blackbelly, Pelibuey). Se seleccionaron cuatro sementales por sesión para la toma de muestras, la cual se realizó dos veces por semana utilizando la técnica de vagina artificial. Se utilizó una funda estéril para cada uno de los sementales. Las cuatro muestras obtenidas fueron conservadas a baño María (Presicion Water Bath 282, Thermo Scientific, USA) a 37.5°C; se mezclaron y homogenizaron para eliminar las diferencias individuales de cada una. Utilizando una pipeta (Magnetic-Assist Pipette, Rainin, USA) se tomaron 10 µl de la muestra mezclada y homogénea, la cual se depositó en una cámara de recuento estándar de 20 µm (Cámara Leja, Leja Products, Holanda), para ser evaluada mediante un análisis de semen asistido por computadora (CASA; AndroVision, Minitube, Alemania). Mediante el análisis CASA, se obtuvieron los siguientes datos: motilidad progresiva (%), vitalidad (%) y concentración espermática (células/mL) para poder realizar la dilución del semen.

Se realizó un protocolo de diluyentes basado en TRIS y yema de huevo dividido en dos fracciones, ajustando a una concentración de 40×10^6 espermatozoides motiles por mL, de forma que en cada pajilla existiera una concentración de 10×10^6 espermatozoides motiles. Al momento de la preparación del diluyente, las muestras diluidas se fraccionaron en cuatro porciones similares y se realizaron cuatro tratamientos: el control contenía antibiótico comercial (60 mg de tilosina, 300 mg de gentamicina, 360 mg de espectinomicina y 180 mg de lincomicina), y los tres tratamientos restantes contenían *M. oleifera* en concentraciones de 0.5 mg, 5.0 mg y 10.0 mg/mL. Una vez refrigeradas y equilibradas a 5°C, las pajillas se colocaron en una congeladora celular (Cryobath CL-8800, CryoLogic, Australia), la cual inició a una temperatura de 5°C y comenzó el descenso de la temperatura de 10°C por minuto hasta llegar a una temperatura final de -120°C. El extracto de *M. oleifera* se obtuvo de semillas desengrasadas liofilizadas, procesadas siguiendo el método descrito por Núñez-Gastélum *et al.* (2015) con algunas modificaciones. Específicamente, 50 mg de la muestra se introdujo en una centrifuga y 10 ml de metanol acuoso al 80% (v/v) fue añadido y sonificado





(40 kHz) por 30 minutos en la oscuridad. El extracto fue centrifugado a 2000 g por 30 minutos a 4°C y el sobrenadante fue recolectado. Los residuos fueron re-extraídos bajo las mismas condiciones; finalmente ambos sobrenadantes fueron combinados, liofilizados y almacenados a -80°C para su posterior uso.

Las muestras de semen fueron descongeladas un mes después y evaluadas con el análisis CASA para las variables vitalidad, motilidad progresiva, motilidad lenta, motilidad rápida, concentración espermática y posteriormente analizadas mediante el método de Miles y Misra. Se prepararon una serie de diluciones de la muestra en agua peptonada, iniciando con 100 µl de la muestra en 900 µl de agua peptonada; una vez obtenidas dichas muestras, se cultivaron en cajas de Petri con agar nutritivo divididas en tres secciones, utilizando las diluciones 1:100, 1:1000 y 1:10000 (Slack y Wheldon, 1978). Se colocó la muestra en cada sección, previamente identificada, y se procedió a incubar a 37°C por 16 a 19 h, para después evaluar el crecimiento mediante observación y conteo de crecimiento de UFC (Unidades Formadoras de Colonias). El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 2009/STAT versión 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC). Las variables se analizaron con un ANOVA y las medias se compararon con una prueba de Tukey cuando se observaron diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis del número de UFC obtenido en los cultivos realizados en la dilución 1:1000 muestra una mayor actividad antimicrobiana utilizando 10.0 mg/mL de *M. oleifera*, ya que el crecimiento bacteriano se reduce ($P < 0.05$) en comparación con las otras dosis utilizadas (0.5 mg y 5.0 mg/mL). Sin embargo, el mejor control del crecimiento bacteriano se logró con el tratamiento con antibiótico comercial (control; Cuadro 1). Sin embargo, la presente investigación muestra un efecto antimicrobiano del extracto de *M. oleifera*, tanto en bacterias gram positivas como en gram negativas, que puede ser debido a la presencia de un amplio espectro bactericida, así como la acción de toxinas producidas por la misma planta, lo que concuerda con lo reportado por Viera *et al.* (2010), quienes afirman que los extractos de *M. oleifera* inhiben eficientemente el crecimiento bacteriano.





Cuadro 1. Efecto antimicrobiano y calidad de semen criopreservado ovino después de la adición de extracto de *Moringa oleifera* a 0.5, 5.0 y 10.0 mg/mL.

Tratamiento	UFC ^{1*} (1:1000)	Vitalidad (%)	Motilidad progresiva (%)	Motilidad rápida (%)	Motilidad lenta (%)	Concentración espermática ²
Control	0.0±0.0 ^a	41.44±2.17 ^b	35.84±2.15 ^b	7.75±0.92 ^a	28.06±1.40 ^a	9.78±0.34 ^a
Moringa 0.5 ³	6.63±1.34 ^c	51.33±3.31 ^a	45.61±3.47 ^a	11.69±1.40 ^a	33.89±2.16 ^a	10.18±0.30 ^a
Moringa 5.0 ⁴	7.50±1.24 ^c	48.76±3.77 ^{ab}	43.31±3.82 ^{ab}	11.16±1.79 ^a	32.08±2.16 ^a	9.24±0.54 ^a
Moringa 10.0 ⁵	4.12±0.63 ^b	44.71±2.96 ^{ab}	38.71±2.88 ^{ab}	8.81±0.83 ^a	29.90±2.10 ^a	10.80±0.34 ^a

¹Dilución 1:1000. ²millones de espermatozoides. ³0.5 mg/mL de extracto de *M. oleifera*. ⁴5.0 mg/mL de extracto de *M. oleifera*. ⁵10.0 mg/mL de extracto de *M. oleifera*. Medias con diferente literal dentro de columna son diferentes (P<0.05).

*UFC x FD (1:1000).

De igual manera, al analizar las características espermáticas del semen se aprecia que la concentración del extracto de *M. oleifera* añadido en mayor cantidad (10.0 mg/mL), a pesar de haber sido la más elevada, no altera las características de motilidad y vitalidad de los espermatozoides (Cuadro 1). Silveira *et al.* (2005) indicaron que al trabajar con seres vivos no es posible tener un nivel de bacterias completamente nulo, debido a la existencia de la flora normal del animal, de las condiciones climatológicas e incluso de la higiene que se maneja durante el procesamiento del semen. Por lo anterior, los antibióticos han sido ampliamente utilizados en la conservación del semen en la industria animal, siendo ésta de interés no solo científico sino económico (Berkovich *et al.*, 2013). Morrel y Wallgren (2014) afirman que, si bien la eliminación de bacterias es importante, se debe considerar que los antibióticos no solo afectan a estos microorganismos, sino que también se ha demostrado que la calidad del semen puede verse afectada. Entre otros, la gentamicina es un antibiótico comúnmente utilizado para la conservación del semen, sin embargo, se ha demostrado que tiene un efecto adverso en la motilidad y viabilidad de los espermatozoides (Aurich y Spersger, 2007). Existen reportes que demuestran que añadir antibióticos al semen puede causar daños en los espermatozoides, ya que los antibióticos producen moléculas destructivas como los radicales de hidroxilo, que dañan el ADN de las bacterias, pero que también atacan a los espermatozoides, ocasionando peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, formando productos secundarios que pueden oxidar las proteínas (Pokharkar y Patel, 2015) o incluso incrementar la apoptosis en los espermatozoides. Específicamente, la gentamicina reduce la motilidad, la vitalidad espermática y la eficiencia





para la fertilización, variables asociadas a daños en la membrana plasmática y mitocondrias debido a un incremento en el estrés oxidativo y apoptosis (Boonthai *et al.*, 2016).

Los resultados de esta investigación muestran que la adición de antibiótico puede alterar las características primordiales de los espermatozoides; asimismo, se pudo observar que el uso alternativo de la *M. oleifera* en sustitución del antibiótico comercial muestra un incremento en las características espermáticas, ya que, debido a sus múltiples propiedades, como la actividad antioxidante, puede resultar beneficioso para el semen. De igual manera, Morrel (2016) menciona que cualquier uso de antibióticos puede contribuir al desarrollo de resistencia, y ésta puede ser transferida a otras bacterias en otras especies. Así, desafortunadamente, a pesar de que las combinaciones de antibióticos pueden reducir la toxicidad espermática, pueden contribuir más a la resistencia de antibióticos que los agentes simples.

Como se mencionó, el semen es frecuentemente contaminado por bacterias que sobreviven la temperatura de almacenamiento y posteriormente adquieren un nivel de resistencia a los antibióticos (Gloria *et al.*, 2014). Sin embargo, Sokunbi *et al.* (2015) afirmaron que el extracto de *M. oleifera* puede funcionar como sustituto de la parte antibiótica de los diluyentes, ya que preserva la motilidad, morfología e integridad del semen por más de 72 h cuando éste se encuentra refrigerado a 6°C. Según los resultados obtenidos en esta investigación y los reportados por Sokunbi (2015) y El-Harairy (2016), se puede apreciar una mejoría de la vitalidad y motilidad de los espermatozoides adicionando extracto de *M. oleifera*. En el caso de esta investigación, las mejores características espermáticas se obtuvieron con la dosis de 0.5 mg/mL, que, si bien no es la dosis óptima para eliminar la actividad antimicrobiana, funciona de manera eficiente, conservando las características primordiales de los espermatozoides (Cuadro 1).

Conclusiones

1.- El uso de extractos de plantas como reemplazo de los antimicrobianos convencionales utilizados en los diluyentes para conservación de semen es posible, ya que la adición de 10.0 mg/mL de extracto de *Moringa oleifera* reduce el desarrollo antimicrobiano durante su





utilización en el diluyente utilizado durante el proceso de criopreservación de semen ovino, sin tener un efecto negativo sobre la calidad espermática.

Literatura citada

- Andrabi, S. M. H., L. A. Khan and M. Shahab. 2016. Isolation of bacteria in semen and evaluation of antibiotics in extender for cryopreservation of buffalo (*Bobalus bubalis*) bull spermatozoa. *Andrología* 48:1166-1174.
- Aurich, C. and J. Spersger. 2007. Influence of bacteria and gentamicin on cooled stored stallion spermatozoa. *Theriogenology* 67:912-918.
- Berkovich, L., G. Earon, I. Ron, A. Rimmon, A. Vexler and S. Lev-Ari. 2013. *Moringa oleifera* aqueous leaf extract down-regulates nuclear factor- kappa B and increases cytotoxic effect of chemotherapy in pancreatic cancer cells. *BMC Complement Altern Med.* 13:212.
- Boonthai, T., W. Khaopong, J. Sangsong, S. Nimrat and V. Vuthiphandchai. 2016. Effect of antibiotic supplementation on the quality of cryopreserved fish sperm of silver barb (*Barbodes gonionotus*): Sperm motility and viability, bacterial quality and fertilization. *Anim. Reprod. Sci.* 166:36-46.
- El-Harairy, M. A., A. E. Abdel-Khalek, W. A. Khalil, E. E. Khalifa, A. Y. Kjateeb and A. M. Abdulrhmn. 2016. Effect of aqueous extracts of *Moringa oleifera* leaves or *arctium lapparoots* on lipid peroxidation and membrane integrity of ram sperm preserved at cool temperature. *J. Anim. Poultry Prod.* 7:467-473.
- Gloria, A., A. Contri, L. Wegher, G. Vignola, D. Dellamaria and A. Carluccio. 2014. The effects of antibiotic additions to extenders on fresh and frozen-thawed bull semen. *Anim. Reprod. Sci.* 150:15-23.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Calendario GPS y Coordenadas RGNA ITRF08. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/cale2017_itrf2008.pdf [consultado el 29 de mayo de 2018).
- Morrel, J. M. 2016. Antimicrobials in boar semen extenders – A risk/benefit analysis. *J. Antimicro.* 2:107.





- Morrell, J. M. and M. Wallgren. 2014. Alternatives to antibiotics in semen extender: a review. *J Pathog.* 3:934-946.
- Núñez-Gastélum, J. A., E. Álvarez-Parrilla, L. A. de la Rosa, N. R. Martínez-Ruíz, G. A. González-Aguilar and J. Rodrigo-García. 2015. Effect of harvest date and storage duration on chemical composition, sugar and phenolic profile of 'Golden Delicious' apples from northwest Mexico. *New Zeal. J. Agr. Res.* 43:214-221.
- Pantozzi, F. L., F. A. Moredo, G. B. Vigo y G. I. Giacoboni. 2010. Resistencia a los antimicrobianos en bacterias indicadoras y zoonóticas aisladas de animales domésticos en Argentina. *Revista Argentina de Microbiología.* 42:49-52.
- Pokharkar, O. and H. A. Patel. 2015. Human spermatozoa damaged due to heat, antibiotics and bisphenol-a *in vitro*: sperm DNA. *J. Pharm. Health Care Sci.* 4:1402-1412.
- Silveira, P. E. y P. R. Machado. 2005. Flora bacteriana del semen de toro antes y después de la congelación. *REDVET.* 10: 1-8.
- Slack, M. P. and D. B. Wheldon. 1978. A simple and safe volumetric alternative to the method of miles, misra and Irwin for counting viable bacteria. *J. Med. Microbiol.* 11:541- 545.
- Sokunbi, O. A., O. S. Ajani, A. A. Lawanson and E. A. Amao. 2015. Antibiotic potential of moringa leaf (*Moringa oleifera* Lam) crude extract in bull semen extender. *European J. Med. Plants.* 9:1-8.
- Viera, F. G. H., J. A. Mourão, A. M. Angelo, A. R. Costa and R. H. Silva. 2010. Antibacterial effect (*in vitro*) of *Moringa oleifera* and *Annona muricata muricata* against gram positive and gram negative bacteria. *Inst. Med. Trop. Sao Paulo* 52:129-132.
- Zeyad, A., M. F. Hamad and M. E. Hammadeh. 2018. The effects of bacterial infection on human sperm nuclear protamine P1/P2 ratio and DNA integrity. *Andrología.* 50:1-9.





ADICIÓN DE EXTRACTO DE SEMILLA DE *Moringa oleifera* SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE SEMEN OVINO CRIOPRESERVADO

José María Carrer Chávez^{125*}, Edson Eduardo Jiménez Aguilar¹²⁵, Andrés Quezada Casasola¹²⁵, José Alberto Núñez Gastélum¹²⁶, Eduardo Pérez Eguía¹²⁵, María Angélica Escarcéga Ávila¹²⁵ y Ernesto Orozco Lucero¹²⁵

Resumen

El proceso de criopreservación del semen provoca daño a los espermatozoides por la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y el daño oxidativo resultante. Lo anterior debido a que la membrana de los espermatozoides es rica en fosfolípidos, que se deterioran debido a la peroxidación lipídica y debido al poco contenido citoplasmático del espermatozoide, la reserva antioxidante generalmente no es adecuada para sobrellevar el estrés oxidativo durante la criopreservación. Este estudio evaluó la capacidad antioxidante del extracto de semilla de *Moringa oleifera* en semen criopreservado de ovino. Se utilizaron ocho sementales de pelo, usando un diluyente a base de TRIS y yema de huevo, para luego dividir las muestras en cuatro tratamientos: Control, 0.5, 5.0 y 10.0 mg/mL de extracto de *M. oleifera*, y se realizó la criopreservación en una congeladora automática. Se evaluaron las características espermáticas incluyendo integridad del acrosoma y de la membrana, actividad mitocondrial, y la actividad antioxidante mediante el ensayo FRAP. Las variables se analizaron con un ANOVA y se compararon con una prueba de Tukey. La actividad antioxidante fue mayor para los tratamientos Moringa 0.5 (0.205 ± 0.028) y Moringa 5.0 (0.205 ± 0.017) en comparación con Moringa 10.0 (0.129 ± 0.005) y Control (0.119 ± 0.004) ($P < 0.05$). La viabilidad y motilidad progresiva obtenidas fueron mayores en Moringa 0.5 (51.33 ± 3.31 y 45.61 ± 3.47) en relación a Moringa 5.0 (48.76 ± 3.77 y 43.31 ± 3.82), Moringa 10.0 (44.71 ± 2.96 y 38.71 ± 2.88), y control (41.44 ± 2.17 y 35.84 ± 2.15) ($P < 0.05$). El daño a la membrana espermática fue menor en Moringa 0.5 (73.88 ± 2.64) comparado con el control (80.75 ± 1.06) ($P < 0.05$). En conclusión, la adición de 0.5 y 5.0 mg de extracto *M. oleifera*

¹²⁵Departamento de Ciencias Veterinarias. *jose.carrera@uacj.mx

¹²⁶Departamento de Químico Biológicas. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.





mejora la actividad antioxidante; sin embargo, solo la dosis de 0.5 mg de extracto *M. oleifera* disminuye el daño a la membrana, mejora la vitalidad y la motilidad progresiva en comparación con el control y las demás dosis evaluadas.

Palabras clave: Criopreservación, ovinos, antioxidante, características espermáticas, *Moringa oleifera*

Introducción

Las especies reactivas de oxígeno (ROS) son productos normales del metabolismo celular de los espermatozoides (Tremellen, 2008), ya que los espermatozoides por sí mismos producen pequeñas cantidades de ROS que son esenciales en muchos de los procesos fisiológicos, tales como capacitación espermática, hiperactivación y unión espermatozoide-ovulo (Aitken *et al.*, 2003) y se ha demostrado que bajos niveles de ROS son esenciales para la fertilización, reacción acrosomal y motilidad (Agarwal *et al.*, 2004). Sin embargo, el desbalance entre la producción de ROS y la habilidad biológica de detoxificar los intermediarios reactivos o reparar fácilmente el daño resultante es conocido como estrés oxidativo (Agarwal y Said, 2003), que es una condición que causa efectos tóxicos durante la producción de peróxidos y radicales libres que dañan los componentes de la célula, incluyendo proteínas, lípidos y ADN (Schafer y Buettner, 2001). Algunos autores han atribuido la reducida crio tolerancia del semen a factores asociados con el estrés oxidativo, como la pérdida de la actividad de defensa antioxidante (Macías *et al.*, 2011), la alta variabilidad en las propiedades antioxidantes entre los reproductores (Aitken *et al.*, 2014) y la generación diferencial de ROS entre los espermatozoides no viables o de pobre calidad y aquellos con metabolismo rápido y altos niveles de fosforilación oxidativa (Gibb y Aitken, 2016). Además, el proceso de criopreservación de semen altera la composición de los lípidos y proteínas de la membrana del espermatozoide, debido principalmente a la generación de ROS, reduciendo la motilidad y viabilidad, causando daños a las mitocondrias y acrosoma, e incrementando la fragmentación del ADN (Mostek *et al.*, 2017). De la misma manera, existen reportes que demuestran que los antimicrobianos convencionales producen moléculas





destructivas como los radicales de hidroxilo, que dañan el ADN de las bacterias, pero que también atacan a los espermatozoides, ocasionando peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, formando productos secundarios que pueden oxidar las proteínas de la membrana espermática (Pokharkar y Patel, 2015).

Diversos componentes de la planta *M. oleifera* han sido identificados por tener una alta actividad antioxidante, debido a la presencia de ácido ascórbico, flavonoides, fenoles y carotenos (Jayawardana *et al.*, 2015). Wang *et al.* (2017) afirman que antioxidantes como los flavonoides tienen la habilidad de tomar los radicales libres y reducir el riesgo de muerte celular. Sin embargo, se han realizado pocos estudios que planteen el uso de extractos de plantas como reemplazo de los antimicrobianos convencionales, lo que podría contribuir a resolver el problema de la resistencia a los antimicrobianos (Berkovich *et al.*, 2013), y al mismo tiempo generar una respuesta antioxidante para conservar la viabilidad espermática. El objetivo del presente trabajo fue evaluar si mediante la adición de extracto de *Moringa oleifera* se mejora la capacidad antioxidante y las características espermáticas del semen ovino criopreservado.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Reproducción Animal del Departamento de Ciencias Veterinarias del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (31°44'22" N 106°29'13" O y a una altitud de 1,120 metros sobre el nivel del mar; INEGI, 2017). Se utilizaron ocho sementales de razas de pelo (Katahdin, Black Belly, Pelibuey). Se seleccionaron cuatro sementales por sesión para la toma de muestras, la cual se realizó dos veces por semana utilizando la técnica de vagina artificial. Las cuatro muestras obtenidas se mezclaron y homogenizaron para eliminar las diferencias individuales de cada una. Se depositaron 10 μ l de la muestra en una cámara de recuento estándar de 20 μ m (Cámara Leja, Leja Products, Holanda), para ser evaluada mediante un análisis de semen asistido por computadora (CASA; AndroVision, Minitube, Alemania) evaluando motilidad progresiva (%), vitalidad (%) y concentración espermática (cels/mL). Se realizó un protocolo de diluyentes basado en TRIS y yema de huevo. Las





muestras diluidas se fraccionaron en cuatro tratamientos: el control contenía antibiótico convencional (60 mg de tilosina, 300 mg de gentamicina, 360 mg de espectinomicina y 180 mg de lincomicina), y los tres tratamientos restantes contenían un extracto de *M. oleifera* en concentraciones de 0.5 mg (Moringa 0.5), 5.0 mg (Moringa 5.0) y 10.0 mg (Moringa 10.0) por mL, ajustando a una concentración de 40×10^6 espermatozoides móviles por mL^{-1} de forma que en cada pajilla existiera una concentración de 10×10^6 espermatozoides móviles. Una vez que el semen fue refrigerado y equilibrado a 5°C , se colocaron las pajillas en una congeladora automática (CryoLogic CL-8800, Australia), para posteriormente conservarlas en un termo criogénico a -196°C . El extracto de *M. oleifera* se obtuvo de semillas desengrasadas liofilizadas, procesadas siguiendo el método descrito por Núñez-Gastélum et al., (2015). Las muestras de semen fueron descongeladas un mes después, evaluadas con el análisis CASA para las variables vitalidad, motilidad progresiva, motilidad lenta, motilidad rápida, concentración espermática y se realizaron tinciones para evaluar la viabilidad de membrana (SYBP/PI), estado acrosomal (Hoeschst 33342/FITC-PNA), y actividad mitocondrial (Hoeschst 33342/Rhodamin 123). Asimismo, las muestras fueron analizadas para actividad antioxidante por el método FRAP; para esto, se incubó el reactivo durante 30 minutos a 37°C , una vez terminado el periodo de incubación se añadieron $24 \mu\text{L}$ de plasma seminal y $180 \mu\text{L}$ del reactivo FRAP a la microplaca para su posterior lectura a 595 nm a 37°C , los resultados se compararon contra una curva patrón de Trolox (Benzie y Strain, 1996). El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 2009 / STAT versión 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC). Las variables se analizaron con un ANOVA y se compararon con una prueba de Tukey cuando se observaron diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1. Se observó que Moringa 0.5 y Moringa 5.0 obtuvieron resultados similares y tuvieron mayor actividad antioxidante en comparación con Moringa 10.0 y el tratamiento control ($P < 0.05$); sin embargo, la viabilidad y motilidad progresiva obtenida fue mayor en Moringa 0.5 en relación con Moringa 5.0, Moringa 10.0, y





control ($P < 0.05$). En las variables motilidad lenta, motilidad rápida y concentración espermática no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$). El daño a la membrana espermática fue menor en *Moringa* 0.5 comparado con el control ($P < 0.05$), pero las variables daño al acrosoma y actividad mitocondrial fueron similares entre los cuatro tratamientos ($P > 0.05$). En este estudio se observa que la adición de dosis bajas de extracto semilla de *M. oleifera* (0.5 mg y 5.0 mg/mL) protegió a la membrana espermática, debido a sus propiedades antioxidantes, lo que a su vez mejoró la vitalidad y la motilidad progresiva de los espermatozoides, disminuyendo la formación de ROS en la membrana, reduciendo el daño en la membrana. Como se mencionó anteriormente, los espermatozoides de mamíferos son extremadamente susceptibles al estrés oxidativo durante largos periodos de almacenamiento aeróbico dado a que sus membranas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados (Falchi, 2018). En particular, los espermatozoides de ovinos son más sensibles a la peroxidación de los fosfolípidos de membrana con una consecuente producción de ROS si se compara con otras especies (Muiño-Blanco *et al.*, 2008). Por lo anterior, estudios han demostrado que los antioxidantes protegen a los espermatozoides eliminando los ROS producidos por leucocitos, previniendo la fragmentación del ADN, mejorando la calidad del semen, reduciendo el criodañó hacia el espermatozoide y bloqueando la maduración prematura de los espermatozoides (Agarwal *et al.*, 2007).

El semen contiene antioxidantes enzimáticos, como superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa; y antioxidantes no enzimáticos, como vitamina E, vitamina A, y transferina; juntos, remueven el O_2 y juegan un papel importante disminuyendo la peroxidación lipídica protegiendo a los espermatozoides (Sikka *et al.*, 1995). La vitamina E protege las membranas del daño oxidativo, atrapando y eliminando los tres tipos de radicales libres (Agarwal *et al.*, 2007); además, se ha demostrado que disminuye el daño provocado por la criopreservación durante el proceso de congelación y mejora la motilidad post-congelado (Park *et al.*, 2003). *M. oleifera* tiene componentes antioxidantes naturales como fenoles, flavonoides, vitamina C (Vongsak *et al.*, 2013; Jayawardana *et al.*, 2015), vitamina E, β carotenos, zinc, selenio, vitamina A y B, riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico y piridoxina (Moyo *et al.*, 2012) los cuales se ha documentado poseen un fuerte potencial antioxidante; además se ha reportado que el ácido cripto-clorogénico, la isoquercitrina y la astragalina son fitoquímicos importantes por la actividad antioxidante de la *M. oleifera* (Vongsak *et al.*, 2013).



La disfunción mitocondrial con reducción en la producción de ATP puede ser responsable de la disminución de la motilidad del espermatozoide, lo que generalmente se observa después de la descongelación (Medeiros *et al.*, 2002). De igual forma, el daño de la cromatina por lo general comienza en la región periacrosomal y las regiones basales del espermatozoide y posteriormente se expande a otras regiones del núcleo durante la criopreservación (Sousa *et al.*, 2016), afectando considerablemente el estado del acrosoma o incluso la vitalidad del espermatozoide. Sin embargo, en este estudio, no se encontró un efecto del extracto de *M. oleifera* sobre el estado acrosomal o la actividad mitocondrial de los espermatozoides de ovino criopreservados.

Cuadro 1. Efecto antioxidante y calidad de semen criopreservado de ovino después de la adición de extracto de *Moringa oleifera* a 0.5 mg, 5.0 mg y 10.0 mg por mL.

	FRAP ¹ (mmol ET)	Daño en la membrana (%)	Daño acrosoma (%)	Actividad mitocondria (%)	Vitalidad (%)	Motilidad progresiva (%)	Motilidad rápida (%)	Motilidad lenta (%)	Concentración espermática ²
Control	0.119±0.004 ^b	80.75±1.06 ^b	47.63±3.8 ^a	52.75±1.73 ^a	41.44±2.17 ^b	35.84±2.15 ^b	7.75±0.92 ^a	28.06±1.40 ^a	9.78±0.34 ^a
Moringa 0.5 ³	0.205±0.028 ^a	73.88±2.64 ^a	51.38±3.2 ^a	55.38±2.05 ^a	51.33±3.31 ^a	45.61±3.47 ^a	11.69±1.40 ^a	33.89±2.16 ^a	10.18±0.30 ^a
Moringa 5.0 ⁴	0.205±0.017 ^a	78.38±1.91 ^{ab}	47.88±4.5 ^a	55.38±2.16 ^a	48.76±3.77 ^{ab}	43.31±3.82 ^{ab}	11.16±1.79 ^a	32.08±2.16 ^a	9.24±0.54 ^a
Moringa 10.0 ⁵	0.129±0.005 ^b	79.50±1.79 ^{ab}	54.87±3.5 ^a	58.00±1.84 ^a	44.71±2.96 ^{ab}	38.71±2.88 ^{ab}	8.81±0.83 ^a	29.90±2.10 ^a	10.80±0.34 ^a

¹Poder reductor férrico (FRAP), medido en milimoles equivalentes de Trolox (mmol ET); ² Millones de espermatozoides; ³ 0.5 mg/mL de extracto de *M. oleifera*; ⁴ 5.0 mg/mL de extracto de *M. oleifera*; ⁵ 10.0 mg/mL de extracto de *M. oleifera*.

^{a,b} Literales entre columnas indican diferencias (P<0.05).

Conclusiones

1.- Los resultados obtenidos indican que la adición de 0.5 y 5.0 mg/mL de extracto de semilla de *M. oleifera* al diluyente utilizado para congelación de semen ovino mejora la actividad antioxidante; sin embargo, solo la dosis de 0.5 mg de extracto de semilla de *M. oleifera* disminuye el daño a la membrana, mejorando la vitalidad y la motilidad progresiva en comparación con el control y las demás dosis evaluadas.





Literatura citada

- Agarwal, A. and T. M. Said. 2003. Role of sperm chromatin abnormalities and DNA damage in male infertility. *Hum Reprod Update*. 9:331–345.
- Agarwal, A., K. P. Nallella, S. S. Allamaneni and T.M. Said. 2004. Role of antioxidants in treatment of male infertility: an overview of the literature. *Reprod Biomed Online*. 8:616–627.
- Agarwal, A., S. A. Prabakaran and S. C. Sikka. 2007. Clinical relevance of oxidative stress in patients with male factor infertility: evidence-based analysis. *AUA Update Series*. 26:1–12.
- Aitken, R., S. Lambourne and Z. Gibb. 2014. The John Hughes Memorial Lecture: aspects of sperm physiology-oxidative stress and the functionality of stallion spermatozoa. *J Equine Vet Sci*. 34:17-27.
- Aitken, R. J., M. A. Baker and D. Sawyer. 2003. Oxidative stress in the male germ line and its role in the etiology of male infertility and genetic disease. *Reprod Biomed Online*. 7:65–70.
- Benzie, I. and J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant Power”: the FRAP assay. *Anal Biochem*. 239:70–76.
- Berkovich, L., G. Earon, I. Ron, A. Rimmon, A. Vexler and S. Lev-Ari. 2013. *Moringa oleifera* aqueous leaf extract down-regulates nuclear factor-kappa B and increases cytotoxic effect of chemotherapy in pancreatic cancer cells. *BMC Complement Altern Med*. 13:212.
- Falchi, L., G. Galleri, M. T. Zedda, S. Pau, L. Bogliolo, F. Ariu, S. Ledda. 2018. Liquid storage of ram semen for 96 h: Effects on kinematic parameters, membranes and DNA integrity, and ROS production. *Livest Sci*. 207:1-6.
- Gibb, Z. and R. Aitken. 2016. The impact of sperm metabolism during *in vitro* storage: the stallion as a model. *Biomed Res Int* 2016:9380609.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Calendario GPS y Coordenadas RGNA ITRF08. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/doc/cale2017_itrf2008.pdf [consultado el 29 de mayo de 2018).





- Jayawardana, B. C., R. Liyanage, N. Lalantha, S. Iddamal goda and P. Weththasinghe. 2015. Antioxidant and antimicrobial activity of drumstick (*Moringa oleifera*) leaves in herbal chicken sausages. *LWT – Food Sci Technol.* 64:1204-1208.
- Macías, B., L. González, C. Ortega, A. Morillo, J. Gallardo, M. H. Rodríguez, *et al.* 2011. Fatty acids and plasmalogens of the phospholipids of the sperm membranes and their relation with the post-thaw quality of stallion spermatozoa. *Theriogenology* 75: 811-818.
- Medeiros, C. M., F. Forrel, A. T. Oliveira and J. L. Rodrigues. 2002. Current status of sperm cryopreservation: why isn't better. *Theriogenology.* 57:327-344.
- Mostek, A., M. A. Dietrich, M. Slowinska and A. Ciereszko. 2017. Cryopreservation of bull semen is associated with carbonylation of sperm proteins. *Theriogenology* 92: 95-102.
- Moyo B., PJ Masika, V Muchenje. 2012. Antimicrobial activities of *Moringa oleifera* Lam leaf extracts. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 11(11), pp. 2797-2802, 7 February, 2012
- Muiño-Blanco, T., R. Pérez-Pé and J. A. Cebrián-Pérez. 2008. Seminal plasma proteins and sperm resistance to stress. *Reprod Dom Anim.* 43: 18-31.
- Núñez-Gastélum, J. A., E. Alvarez-Parrilla, L. A. de la Rosa, N. R. Martínez-Ruiz, G. A. González-Aguilar and J. Rodrigo-García. 2015. Effect of harvest date and storage duration on chemical composition, sugar and phenolic profile of 'Golden Delicious' apples from northwest Mexico. *New Zeal J Agr Res.* 43: 214-221.
- Park, N. C., H. J. Park, K. M. Lee and D. G. Shin. 2003: Free radical scavenger effect of rebamipide in sperm processing and cryopreservation. *Asian J Androl.* 5:195–201.
- Pokharkar, O. and H. A. Patel. 2015. Human spermatozoa damaged due to heat, antibiotics and bisphenol-a *in vitro*: sperm DNA. *J Pharm Health Care Sci.* 4:1402-1412.
- Schafer, F. Q. and G. R. Buettner. 2001. Redox environment of the cell as viewed through the redox state of the glutathione disulfide/glutathione couple. *Free Radic Biol Med.* 30:1191–1212.
- Sikka, S. C., M. Rajasekaran and W. J. Hellstrom. 1995. Role of oxidative stress and antioxidants in male infertility. *J Androl.* 16:464–468.





- Sousa, P. C., E. E. Santos, A. M. Silva, J. A. Bezerra, A. L. Souza, G. L. Lima, *et al.* 2016. Identification of ultrastructural and functional damages in sperm from six-banded armadillos (*Euphractus sexcinctus*) due to cryopreservation. *Pesq Vet Bras.* 36:767-774.
- Tremellen, K. 2008. Oxidative stress and male infertility: A clinical perspective. *Hum Reprod Update* 14, 243–258.
- Vongsak B., P. Sithisarn and W. Gritsanapan. 2013. Bioactive contents and free radical scavenging activity of *Moringa oleifera* leaf extract under different storage conditions. *Ind Crops Prod.* 49:419-421.
- Wang, Y., Y. Gao, H. Ding, S. Liu, J. Gui and D. Liu. 2017. Subcritical extraction of flavonoids from *Moringa oleifera* leaf and evaluation of antioxidant activity. *Food Chemistry*, 218:152-58.





ÉPOCA Y FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE BIOMASA DEL PASTO TAIWÁN

Gloria Esperanza De Dios León¹²⁷, Catalino Jorge López Collado^{128*}, Armando Guerrero Peña¹²⁹,
Eusebio Ortega Jiménez¹²⁸, Alejandro Alonso López¹²⁸ y Eduardo Daniel Bolaños Aguilar¹³⁰

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la época del año y frecuencias de corte en la producción de biomasa y variables fisiotécnicas del pasto Taiwán. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial y seis repeticiones. Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en el factor época, excepto en proteína cruda (PC). El mayor rendimiento de biomasa seca (RBS) se encontró en seca (6.4 t/ha); en periodo de seca y lluvias se observaron los mejores índices de cosecha (IC) con 0.93 y 0.94, respectivamente; en época de nortes se encontraron las mayores longitudes de raíz (LR) y relación biomasa radical/biomasa total (RBR/BT) con 18.5 cm y 0.12, respectivamente. Se encontró diferencia significativa en la frecuencia de corte (FC); a los 80 días (d) de rebrote se observaron mejores RBS, IC y altura con 7.2 t/ha, 0.95 y 215.9 cm, respectivamente; la mayor LR se observó a los 60 d con 18.9 cm y el mayor contenido de PC se encontró a los 40 (11.9%). Se concluye que los tratamientos de las frecuencias de corte de 60 y 80 días observaron el mejor comportamiento en variables de producción del pasto Taiwán en las tres épocas del año.

Palabras clave: *Pennisetum purpureum* Schum, proteína cruda, longitud de raíces, relación biomasa radical /biomasa total, índice de cosecha

¹²⁷ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana.

¹²⁸ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. *ljorge@colpos.mx

¹²⁹ Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

¹³⁰ C. E. Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.





Introducción

En las regiones tropicales, la producción de biomasa de pastos y forrajes depende de las diferentes condiciones climáticas (seca, lluvias y nortes) características de estas zonas y el valor nutritivo depende de la edad de la planta (Araya y Boschini, 2005). El mayor déficit de biomasa se encuentra en época seca, lo que obliga al productor a buscar alternativas para tener alimento disponible durante el año como, por ejemplo, el uso de pastos de corte; estas son especies de alta producción de biomasa por lo que demandan cantidades altas de nutrientes (Primavesi *et al.*, 2006). A mayores edades de rebrote, se obtienen altos rendimientos de biomasa, pero con menor valor nutritivo, por lo que se debe buscar el punto de equilibrio entre producción y calidad. El pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum), originario de África, es una especie perenne, robusta y vigorosa que ha sido introducida en las regiones tropicales y subtropicales (Kahindi *et al.*, 2007) llegando a producir hasta 40 t MS/ha/año (Márquez *et al.*, 2007). Sin embargo, son escasos los trabajos que involucren diferentes condiciones climáticas junto con días de rebrote, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la época del año y frecuencias de corte en la producción de biomasa y variables fisiotécnicas del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum).

Materiales y métodos

Área de estudio

El experimento se estableció en el Rancho Santa Rosa del ejido Posa Redonda segunda sección del municipio de Cárdenas, Tabasco, México, sitio con coordenadas 18° 14' de Latitud Norte y 93° 29' de Longitud Oeste y altitud de 10 m. El sitio cuenta con un clima Am (f) cálido húmedo con Lluvias en verano y parte del otoño; la precipitación y temperatura promedio anual son de 2151 mm y 25.8°C, respectivamente; el suelo es clasificado como Vertisol (Palma *et al.*, 2007) caracterizado por presentar más de 30% de arcilla en todos los horizontes.





Especie evaluada

El pasto en estudio fue Taiwán (*P. purpureum*) e involucró desde su establecimiento con material vegetativo en terreno con uso esporádico de cultivos anuales, principalmente maíz y frijol. Después de la siembra, se esperaron cinco meses antes de realizar el corte de homogeneización; la unidad experimental consistió en una planta con separación de un metro entre ellas y un metro entre líneas para eliminar el efecto de borde. Sobre la pradera se formaron un total de 36 unidades experimentales para cada una de las épocas donde se distribuyeron las tres frecuencias de corte.

Periodos de evaluación

Se evaluaron las tres épocas del año definidas en la zona: seca de los meses de marzo a junio, lluvias de julio a octubre y nortes de noviembre a febrero. El presente experimento comprendió del 10 de febrero del 2015 a 28 de abril del 2016, con evaluaciones a los 40, 60 y 80 días (d) de rebrote dentro de cada una de las tres épocas del año. Las muestras se obtuvieron mediante la cosecha de la planta entera incluyendo la raíz. El material cosechado fue lavado, secado y molido para su posterior análisis.

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos resultaron de la combinación de las tres épocas y las tres frecuencias de corte con seis repeticiones. Se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3 (tres épocas del año y tres frecuencias de corte) con seis repeticiones. Para el análisis de datos se usó el programa SAS y para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) en las variables que resultaron con diferencia estadística significativa.

Variables de respuesta

Las variables fueron estimadas de la siguiente manera: rendimiento biomasa seca (t/ha) mediante la fórmula = $(\text{biomasa húmeda} * \%MS) / 100$; índice de cosecha (IC) es el cociente de la BA y la BT; altura (cm) medida desde el nivel del suelo hasta el promedio del dobles de la hoja bandera; longitud de raíces (cm) con regla graduada se midieron diez submuestras tomadas al azar; relación biomasa radical/biomasa total es el cociente entre el peso de la BR y el peso de la BT; proteína cruda (%) con el método micro Kjeldahl ($N * 6.25$); biomasa aérea





(kg/ha) determinada mediante el peso de hojas más tallos; biomasa radical (kg/ha) estimada con el peso de raíces y biomasa total (kg/ha) suma del peso de BA más peso de BR.

Resultados y Discusión

Efecto de época climática

Rendimiento biomasa seca (RBS). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); el mayor rendimiento se obtuvo en época de seca y el menor en lluvias con diferencia de 50% (Cuadro 1). Este comportamiento fue debido a la textura del suelo donde se estableció el experimento; estos son suelos que almacenan agua que benefició la producción de biomasa en esta época, además de que se presentaron temperaturas óptimas para el desarrollo y crecimiento del pasto, aunque en la mayoría de las evaluaciones de *Pennisetum* se muestra que en lluvias es donde se obtienen rendimientos más altos (Rodríguez *et al.*, 2013; García *et al.*, 2014) comparado a la época de seca. En época seca se observaron temperaturas que favorecen el proceso de fotosíntesis (De Dios, 2017) a lo que Baruch y Fisher (1991) mencionan la temperatura óptima para *P. purpureum* es de 37°C, además de que los *Pennisetum* son tolerantes a la sequía (Herrera, 2009). Nuestros resultados son similares a los de Olivo *et al.* (2014) evaluando a pasto elefante (*P. purpureum*) encontraron los mejores rendimientos en época seca, comparada con el rendimiento obtenido en la época lluviosa. Rodríguez *et al.* (2013), González *et al.* (2011), reportan rendimiento promedio de biomasa en variedades de *P. purpureum* de 2.8 ± 2 y 6.1 ± 2.9 para seca y lluvias, respectivamente.

Índice de cosecha (IC). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); los mejores resultados se observaron en seca y lluvias y el menor en nortes (Cuadro 1). Estos valores significan que más del 90% la planta entera, corresponden a biomasa aérea, habiendo muy poca cantidad de raíz, condición que fue evidente al momento de la obtención de muestras. En nortes, la producción y crecimiento es afectada por el estrés de las bajas temperaturas, menor disponibilidad de horas luz o fotoperiodo (afectando la fotosíntesis); los suelos se encuentran saturados de agua causando anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua (Bailey y Voeselek, 2008). Baruch y Fisher (1991)





indican que las pasturas tropicales presentan alta sensibilidad a bajas temperaturas efecto negativo de 0 a 15°C.

Altura. Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); las mayores alturas se encontraron en lluvias y nortes y la menor en seca (Cuadro 1). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2011), las precipitaciones y temperaturas presentadas en época de lluvias benefician el crecimiento de las plantas. García *et al.* (2014), Hinojosa *et al.* (2014) y Gómez *et al.* (2015) muestran altura promedio de *P. Purpureum* de 172 ± 13 y 177 ± 9 cm, respectivamente en seca y lluvias.

Cuadro 1. Variables de respuesta a tres épocas climáticas del pasto Taiwán.

Época	RBS (t/ha)	IC	Altura (cm)	LR (cm)	RBR/BT	PC (%)
Seca	6.4a	0.93a	173b	17.4b	0.07b	9.5a
Lluvias	3.2c	0.94a	190a	17.0b	0.07b	10.1a
Nortes	4.3b	0.88b	200a	18.5a	0.12a	10.2a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$). RBS= Rendimiento biomasa seca, IC= Índice de cosecha LR= Longitud de raíces, RBR/BT= Relación biomasa radical /biomasa total, PC= Proteína cruda.

Longitud de raíces (LR). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0152$); la mayor longitud se obtuvo en nortes y las menores en seca y lluvias (Cuadro 1). El exceso de agua en nortes puede causar lixiviación de nutrientes hacia zona subterránea, por lo que suponemos que la raíz creció más para alcanzar los mismos, condición diferente al periodo seco donde hay poca disponibilidad de agua, además de los cambios provocados por este déficit que inhibe la división celular y la elongación al disminuir la turgencia de las células (Méndez *et al.*, 2010). En la época de lluvias, se observa exceso de precipitaciones, lo que puede llegar a causar anoxia (Baruch, 1994) en las raíces impidiendo el desarrollo de las mismas.

Relación biomasa radical/biomasa total (RBR/BT). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); la mayor relación se obtuvo en Nortes y las menores en seca y lluvias (Cuadro 1), observándose el mismo comportamiento que LR, suponiendo la influencia de los mismos factores. Aún, la mayor cantidad en nortes, en general fue evidente la poca producción de BR respecto a la BA en el pasto Taiwán. Krizek *et al.* (1985) observaron en soya que el crecimiento foliar disminuye cuando se restringe el crecimiento de las raíces como





consecuencia del estrés al que está sometido el sistema radical (exceso o déficit de agua), lo que puede explicar en parte la relación inversa en el IC. Bernal (1994) menciona que las raíces son más seriamente afectadas que la parte aérea con altas temperaturas, características de las épocas de seca y lluvias, como se encuentra en varias especies de pastos cuando la temperatura se eleva de 17 a 37°C (Rachmilevitch *et al.*, 2008).

Proteína cruda. No se encontró diferencia significativa ($p > 0.0982$) como se observa en el Cuadro 1. Estudios previos han mostrado que la diferencia en el porcentaje de PC es influenciada por la edad de la planta, más que por condiciones de lluvias y temperaturas. Nuestros datos difieren a los observados por los siguientes autores, los cuales han observado diferencia entre épocas; Casanovas *et al.* (2006) e Hinojosa *et al.* (2014) reportan promedio de PC en *P. purpureum* de 6.5 ± 1.4 y 8.4 ± 0.5 % respectivamente para seca y lluvias, respectivamente. Cabe destacar que los valores de PC en todas las edades y en los dos períodos estuvieron por encima del valor crítico (7 %) para alimentación de bovinos (Van Soest, 1994).

Efecto de la frecuencia de corte

Rendimiento biomasa seca (RBS). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); el mayor rendimiento se observó a los 80 d de rebrote y el menor en la primera frecuencia de corte (Cuadro 2), observándose un incremento lineal respecto a días de rebrote. El incremento de la producción del forraje con la edad, se debe a un aumento en la tasa fotosintética como resultado de la presencia de mayor área foliar (Manrique *et al.*, 1996). González *et al.* (2011) en dos cultivares de *P. purpureum* encontraron rendimientos de BS de 6.5 y 14.8 t/ha, a los 42 y 56 d, respectivamente. Cárdenas *et al.* (2012) reporta una relación directamente proporcional entre RBS y días de rebrote en Maralfalfa.

Índice de cosecha (IC). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); el mayor IC observó a los 80 d de rebrote y el menor a los 40 días (Cuadro 2). Esta variable tuvo relación directamente proporcional al RBS; dentro de esta variable se considera el producto de interés a la biomasa aérea, y diversos trabajos han demostrado el mayor rendimiento de este





componente conforme avanza la edad de la planta (Cerdas y Vallejos, 2010; Cárdenas *et al.*, 2012).

Altura. Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); la mayor altura se observó a los 80 d de rebrote y la menor en la primera frecuencia de corte (Cuadro 2). Manrique *et al.* (1996) y Andino y Pérez (2012) mencionan que el incremento de altura en la planta conforme avanza la edad de rebrote, es un comportamiento fisiológico normal para las especies de gramíneas del género *Pennisetum*, porque aumenta proporcionalmente el índice de área foliar y por lo tanto la síntesis de tejidos de reserva o sostén, incrementándose, por lo tanto, algunas características morfológicas de importancia. Las diferencias entre frecuencias de corte, se explican porque el crecimiento de las plantas después de ser cosechadas cerca del nivel del suelo, tienen una fase inicial de crecimiento lento, seguida de una fase de crecimiento acelerado (Hodgson, 1990). Gómez *et al.* (2015) e Hinojosa *et al.* (2014) en variedades de *P. purpureum* reportan alturas promedio de 158.6 ± 10 , 163.1 ± 30 , 161.7 ± 22 y 162 ± 23 cm, respectivamente a los 45, 60, 75 y 90 d de rebrote.

Cuadro 2. Variables de respuesta a diferentes frecuencias de corte del pasto Taiwán.

Frecuencia de corte (d)	RBS (t ha ⁻¹)	IC	altura (cm)	LR (cm)	RBR/BT	PC (%)
40	2.5c	0.88c	154c	16.4c	0.12a	11.9a
60	4.2b	0.91b	193b	18.9a	0.09b	10.0b
80	7.2a	0.95a	216a	17.5b	0.05c	8.0c

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$)

d= días, RBS= Rendimiento biomasa seca, IC= Índice de cosecha LR= Longitud de raíces, RBR/BT= Relación biomasa radical /biomasa total, PC= Proteína cruda

Longitud de raíces (LR). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); la mayor longitud se observó a los 60 d de rebrote y la menor a los 40 d (Cuadro 2). Al tener más edad la planta, las raíces tuvieron más tiempo para crecer aunado a la necesidad de la búsqueda de nutrientes disponibles; Kramer (1987) refiere que las raíces son poco profundas en las primeras etapas de crecimiento y que por lo general se incrementa, en la fase reproductiva porque es donde requiere de mayor anclaje. De los 60 a 80 días la planta no tuvo la necesidad de crecer, suponiendo que tuvo disponible todos los recursos necesarios para su





supervivencia; Baligar (1986) refiere que a medida que la planta tiene más edad, el crecimiento de las raíces generalmente aumenta a tasas más lentas que los rebrotes.

Relación biomasa radical/biomasa total (RBR/BT). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); la mayor relación se encontró en la primera FC y la menor a los 80 d (Cuadro 2). Esto pudiera deberse a que en edades tempranas la planta tiene la necesidad de producir sustancias necesarias para su desarrollo, lo que crea la necesidad de producir mayor cantidad de raíces para la absorción de los nutrientes; contrario a las otras dos edades, donde la planta contribuye a mayor cantidad de BA y menos proporción de BR; la disminución en la relación, muestra que las raíces detienen su crecimiento a expensas del crecimiento aéreo (Barrios *et al.*, 2014).

Proteína cruda (PC). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.0001$); el mayor porcentaje se observó a los 40 d de rebrote y el menor a los 80 d (Cuadro 2), mostrando una disminución conforme avanzó la edad de la planta, como ha sido observado en la mayoría de los experimentos (González *et al.*, 2011; Medina *et al.*, 2015) en variedades de *P. purpureum*; siendo, además, una característica de los pastos tropicales. La disminución en los contenidos de proteína al aumentar la edad del pasto se puede atribuir a una reducción de la actividad metabólica de la planta, de manera que conforme se cosecha el forraje a una edad mayor, la síntesis de compuestos proteicos en la planta es menor, haciendo que la concentración de PC baje (Santana *et al.*, 2010; Tessema *et al.*, 2010). Pirela (2005) refiere a que las gramíneas tropicales presentan niveles relativamente altos contenidos de proteína en los estadios iniciales de crecimiento, para luego disminuir marcadamente hasta antes de la floración, tendencia que continúa hasta la madurez, momento en que el N es translocado de las hojas a los tejidos de reservas (base de tallos y raíces). Chacón y Vargas (2009) en *P. purpureum* (King grass) encontraron 9.56, 8.70 y 8.42% de PC a los 60, 75 y 90 d de rebrote, respectivamente, datos similares a los encontrados en este estudio. Nuestros datos son superiores a los reportados por Casanovas *et al.* (2006) en CT-115 quien encontró 4.5% a los 90 d. Aún con este comportamiento, el porcentaje de CP en las tres FC se observaron por encima del nivel mínimo deseado para el funcionamiento del rumen del animal (7%) de acuerdo con Van Soest (1994).





Conclusiones

En este experimento, el mayor rendimiento de biomasa seca se encontró en época seca; en periodo de seca y lluvias se observaron los mejores índices de cosecha; y en época de nortes se encontró la mayor longitud de raíz y la relación biomasa radical/biomasa total. Se encontró diferencia significativa en la frecuencia de corte; a los 80 días de rebrote se observaron mejores rendimientos de biomasa seca, índice de cosecha y altura. La mayor longitud de raíz se observó a los 60 días y el mayor contenido de proteína cruda se encontró a los 40 días.

Para fines de aprovechamiento en la alimentación animal, se concluye que los tratamientos de las frecuencias de corte de 60 y 80 días observaron el mejor comportamiento en variables de producción del pasto Taiwán en las tres épocas del año.

Agradecimientos

Al MC. Francisco Meléndez Nava por las facilidades otorgadas en el rancho “Santa Rosa” para el desarrollo de la fase experimental de este estudio; al Laboratorio Agroindustrial, Suelo, Planta y Agua y Laboratorio de Instrumentación Analítica del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por el apoyo para la realización de los análisis químicos.

Literatura citada

- Andino, R. N. J. y J. S. Pérez G. 2012. Producción de biomasa y concentración de nutrientes en el pasto cubano (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) CV CT-115. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 62 p.
- Araya, M. M. y C. Boschini F. 2005. Producción de forraje y calidad nutritiva de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 16:37-43.





- Bailey, S. J. and C. J. Voesenek L.A. 2008. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. *Annual Reviews in Plant Biology* 59:313-339.
- Baligar, V. C. 1986. Interrelationships between growth and nutrient uptake in alfalfa and corn. *J. Plant Nutr.* 9:1391-1404.
- Barrios, M. B., A. Buján, P. Debellis S., C. Sokolowski A., D. Blasón A., A. Rodríguez H. et al. 2014. Relación biomasa de raíz/biomasa total de soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latin.* 32:221-230.
- Baruch, Z. y J. Fisher M. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. p. 103-142. In: *Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación.* Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Colombia.
- Baruch, Z. 1994. Response to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. *Plant and Soil* 164:97-105.
- Bernal, E. J. 1994. *Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo.* Banco ganadero. 3ra. Edición, Bogotá. Colombia. 314 p.
- Cárdenas, R. L. R., R. Pinto R., J. Medina F., F. Guevara, H. Gómez, A. Hernández et al. 2012. Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) durante la época seca. *Quehacer Científico en Chiapas* 1:38-46.
- Casanovas, E., Y. Figueredo, R. Soto, R. Novoa y R. Valera. 2006. Efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento fenológico y productivo de *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115 en el periodo poco lluvioso. *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 40:465-470.
- Cerdas, R. y E. Vallejos. 2010. Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. *InterSedes XI*:180-195.
- Chacón, H. P. A. y C. F. Vargas R. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agron. Mesoam.* 20:399-408.
- De Dios, L. G. E. 2017. Modelo de balance nutrimental para el manejo sustentable de dos especies de pastos tropicales. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. 107 p.
- García, L. M., R. Mesa A. y Hernández M. 2014. Potencial forrajero de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* en un suelo Pardo de Las Tunas. *Pastos y Forrajes* 37:413-419.





- Gómez, G. A., J. L. Loya O., L. Sanginés G., S. Zubirán y J. A. Gómez G. 2015. Composición química y producción del pasto *Pennisetum purpureum* en la época de lluvias y diferentes estados de madurez. *Revista Educateconciencia* 6:68-74.
- González, I., M. Betancourt, A. Fuenmayor y M. Lugo. 2011. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootec. Trop.* 29:103-112.
- Herrera, R. S. 2009. Mejoramiento de *Pennisetum purpureum* en Cuba. *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 43:345-349.
- Hinojosa, Y. L. A., D. Yépez N. y M. A. Suárez P. 2014. Frecuencia de corte de Marafalfa (*Pennisetum* sp) durante la estación lluviosa, Trinidad, Bolivia. *Rev. Cient. Agro. Amaz.* 4:11-18.
- Hodgson, G. J. 1990. *Grazing management: Science into practice*. 1st ed. Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex, UK. 203 p.
- Kahindi, R. K., A. Abdulrazak S. and W. Muinga R. 2007. Effect of supplementing Napier grass (*Pennisetum purpureum*) with Madras thorn (*Pithecellobium dulce*) on intake, digestibility and live weight gains of growing goats. *Small Rumin. Res.* 69:83-87.
- Kramer, P. J. 1987. *Plant and soil water relationship*. McGraw Hill, New York. 546 p.
- Krizek, D. T., A. Carmi, M. Mirecki R., W. Snyder F. and A. Bunce J. 1985. Comparative effects of soil moisture stress and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological responses of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *J. Exp. Bot.* 36:25-38.
- Manrique, U., V. Carrillo, D. Vásquez, M. Rodríguez y E. Rivas. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el rendimiento de materia seca de *Andropogon gayanus*. *Zootec. Trop.* 14:149-166.
- Márquez, F., J. Sánchez, D. Urbano y D. Ciro. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootec. Trop.* 25:253-259.
- Medina, J. F. J., R. Pinto R., H. Gómez C., F. Guevara H., A. Hernández L. y D. Hernández S. 2015. Caracterización química y degradación in situ del pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum* L.). *Quehacer Científico en Chiapas* 10:9-14.
- Méndez, N. J. R., F. T. Ybarra P. y J. F. Merazo P. 2010. Germinación y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz bajo soluciones osmóticas. VI. Comparación entre cinco soluciones osmóticas. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE* 23:55-60.





- Olivo, C. J., C. A. Agnolin, A. P. Flôres, C. Marques de B., T.L. Da Ros A., D.M. Schalwmborg and G.R. Meinerz. 2014. Forage mass and stocking rate of elephant grass pastures managed under agroecological and conventional systems. *Rev. Bras. Zootec.* 43:289-295.
- Palma, L. D. J., D. Cisneros J., C. Moreno E. y J. A. Rincón R. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Pirela, M. F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. p. 176-182. Manual de ganadería doble propósito. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Primavesi, O., C. Primavesi A., L. De Almeida C., G. Da Silva A. y H. Cantarella. 2006. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio. *R. Bras. Zootec.* 35:683-690.
- Rachmilevitch, S., H. Lambers and B. Huang. 2008. Short-term and long-term root respiratory acclimation to elevated temperatures associated with root thermotolerance for two *Agrostis* grass species. *J. Exp. Bot.* 59:3803-3809.
- Rodríguez, L., V. Torres, O. Martínez R., O. Jay, C. Noda A. and M. Herrera. 2011. Models to estimate the growth dynamics of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. *Cuban J. of Agric. Sci.* 45:349-354.
- Rodríguez, L., R. Larduet, O. Martínez R., V. Torres, M. Herrera, Y. Medina et al. 2013. Modelación de la dinámica de acumulación de biomasa en *Pennisetum purpureum* cv. King grass en el occidente de Cuba. *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 47:119-124.
- Santana, P. A. A., A. Pérez L. y M. E. Figueredo A. 2010. Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. *Rev. Mex. Cienc. Pecuarias* 1:277-286.
- Tessema, Z. K., J. Mihret and M. Solomon. 2010. Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass Forage Sci.* 65:421-430.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Ed. Cornell University Press. Ithaca, N. Y.





INCLUSIÓN DE HARINA DE FOLLAJE DE *Trichanthera gigantea* EN UNA DIETA PARA PAVO AUTÓCTONO (*Meleagris gallopavo*) EN CRECIMIENTO A FINALIZACIÓN

Reina Pech Palomino¹³¹, Jorge Ortiz Ortiz¹³¹, Edgar Aguilar Urquizo^{131*}, Mateo Itza Ortiz¹³²,
Ángel Sierra Vásquez¹³¹ y Roberto Sanginés García¹³¹

Resumen

En México, la información disponible sobre el uso de fuentes alternas y los requerimientos nutricionales en los pavos autóctonos es escasa. Las experiencias de campo indican que su alimentación en condiciones naturales o de traspatio, se basan en una amplia diversidad de tipo de plantas y subproductos. En Yucatán, básicamente son alimentados con residuos de cocina, granos de maíz y pequeñas cantidades de alimento comercial; sin embargo, en su hábitat natural son los componentes vegetales lo que constituyen el 99.5% de su dieta y el porcentaje restante son insectos. La *Trichanthera gigantea* es una planta exótica en el estado de Yucatán que se caracteriza por su alto valor proteínico (15 a 22%), su buen balance de minerales, su alta digestibilidad y su carencia de factores anti nutricionales. El objetivo fue evaluar la inclusión de la harina de follaje de *Trichanthera gigantea* en la alimentación del pavo en etapa de crecimiento-finalización. Un total de 27 pavos de 2.75 \pm 0.12 kg fueron divididos en tres tratamientos y alimentados con una dieta balanceada con inclusión del 10, 15 y 20% de harina de follaje de *T. gigantea*. La dieta base tuvo un 18% de proteína cruda y 2800 Kg/cal de energía metabolizable. Los datos se analizaron con modelos de regresión lineal y comparación de líneas de regresión con más de dos niveles de un factor categórico mediante el software Statgraphics. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para las regresiones lineales entre los tratamientos T10, T15 y T20 para la variable peso corporal. La ganancia de peso y consumo voluntario no fueron significativos ($P \geq 5$). Se concluye que hay una mayor eficiencia del comportamiento productivo empleando el 10% de harina de follaje de *Trichanthera gigantea* para los pavos en etapa de crecimiento finalización.

¹³¹ Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal.

¹³² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/Departamento de Ciencias Veterinarias.
jorge.ortiz@itconkal.edu.mx.





Palabras clave: niveles de inclusión, harina de arbóreas, comportamiento productivo

Introducción

En México, la información disponible sobre el uso de fuentes alternas de alimentación empleando aves criollas como gallinas y guajolotes, es escasa en ambas especies. Aunada a esta situación los requerimientos nutricionales de las aves criollas y de los pavos autóctonos se desconoce. Sin embargo, en el caso de los pavos específicamente, las observaciones y experiencias de campo indican que su alimentación en condiciones naturales o de traspatio, se basan en una amplia diversidad de tipo de plantas y subproductos.

Pocos países a nivel mundial han incluido a los pavos en sus listas de atención prioritaria e incluso México que es uno de sus países de origen no tiene programas particulares u oficiales registrados; le presta poca atención como especie producto (Hernández *et al.*, 2006). A pesar de esta situación, la importancia de la conservación y crianza del pavo esta fuera de discusión dado su arraigo y presencia en el traspatio de las comunidades rurales de México. En Yucatán, por ejemplo, ocupa el segundo lugar entre las especies de aves con mayor población detrás de las gallinas (Rodríguez *et al.*, 1996). Además, ocupa un lugar preponderante como insumo en la gastronomía mexicana, celebraciones religiosas y rituales ancestrales (Hernández *et al.*, 2005). Los estudios científicos disponibles con este recurso zoogenético en México abordan temas tales como su origen y domesticación (Camacho *et al.*, 2011; Ángel *et al.*, 2014), caracterización en traspatio (Mallia, 1998; Canul *et al.*, 2011a; Portillo *et al.*, 2015), caracterización fenotípica (Canul *et al.*, 2011b; Cigarroa *et al.*, 2013; Ríos *et al.* 2016) y caracterización de la diversidad genética de pavos domésticos y silvestres (López *et al.*, 2016).

De acuerdo con Canul *et al.* (2011a), en Yucatán la crianza de pavo autóctono se destina al autoconsumo, y es la mujer, generalmente de origen maya con más de 45 años de edad y escolaridad básica, quien tiene a su cargo la crianza del mismo en el traspatio de la casa. Los pavos básicamente son alimentados con residuos de cocina, granos de maíz y pequeñas cantidades de alimento comercial. En comunidades rurales de Michoacán, es la mujer la encargada de la cría del guajolote en el traspatio en parvadas de 7 a 15 hembras,





alimentadas con maíz crudo o nixtamalizado, hojas tiernas, semillas, frutos o insectos (López *et al.*, 2008). Otra información relativa a la alimentación de los pavos criollos refiere a sus condiciones de traspatio; así Tobajas *et al.* (2011), en época de lluvias identificaron que los artrópodos constituyen parte de la dieta del guajolote de traspatio; particularmente en estadios adultos e inmaduros de *hymenoptera*, *hemiptera*, *coleóptera*, *lepidóptera* y algunos miriápodos. En contraste con este tipo de dietas los pavos silvestres (*Meleagris gallopavo mexicana*) que crecen en su hábitat natural son los componentes vegetales lo que constituyen el 99.5% de su dieta y el porcentaje restante los insectos como ejemplo los antes citados; respecto al componente vegetal, las herbáceas representaron el 41% de todas las especies consumidas, seguidas de las gramíneas (35%), insectos (14%), arbóreas (10%) y arbustivas (4%) según Márquez *et al.* (2005).

La *Trichanthera gigantea* es una planta exótica en el estado de Yucatán que se caracteriza por su alto valor proteínico (15-22%), su buen balance de minerales, su alta digestibilidad y su carencia de factores anti nutricionales (Rosales y Ríos, 1999) la convierten en un insumo con alto potencial para ser usado en la alimentación animal, pero se desconoce su uso potencial como fuente no convencional de proteína en aves. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de la harina del follaje de *Trichanthera gigantea* en la dieta de pavos autóctono de México (*Meleagris gallopavo*) en etapa de crecimiento a finalización.

Materiales y métodos

Lugar de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Área de Producción e Investigación Agrícola y Pecuaria del Instituto Tecnológico de Conkal-TecNM, ubicado a 21°05' N. y 89°32' O, con clima subhúmedo de tipo AW₀, a 7 m de altitud, temperatura promedio anual de 26°C y precipitación de 900 mm (Flores y Espejel, 1994). El tipo de suelo pertenece al litosol pedregoso de origen calcáreo con afloraciones de roca, textura franco-arcillo-arenosa, con pH de 7.6 y materia orgánica de 5.5%.





Animales de experimentación

Se utilizaron un total de 27 pavos machos seleccionados por su fenotipo acordes a los lineamientos establecidos para el guajolote autóctono de México (*Meleagris gallopavo mexicana*) (Canul, 2011; Cigarroa *et al.*, 2013). Los machos fueron acopiados de cuatro municipios del estado de Yucatán correspondientes a Acancéh, Umán, Dzidzantún y Mérida, dichos animales tuvieron un peso inicial promedio de 1.412 ± 0.522 kg. Tuvieron un periodo de adaptación en corrales comunales por 20 días y durante este tiempo se alimentaron por 30 días con alimento comercial en etapa de crecimiento con 20% de proteína cruda; previo al inicio del trabajo fueron desparasitados vía subcutánea con Ivermectina, vacunados contra la enfermedad de Newcastle y Viruela aviar.

Dieta experimental

Los tratamientos consistieron en la evaluación de tres dietas experimentales con niveles crecientes de harina de *Trichanthera gigantea*. Para la preparación de la harina, se cosecharon hojas cada 60 días y se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C (48 horas), posteriormente se trituraron en un molino de martillos con una acriba de 5 mm.

Las dietas se formularon de acuerdo con los requerimientos nutricionales del guajolote establecido en las tablas de NRC (1994) con 18% PC y 2800 Kg/cal de EM, balanceadas con ayuda del programa Zmix versión 3.1.

Alojamiento de animales y variables de respuesta

Los guajolotes fueron asignados en un galpón de 20 m de largo por 6 metros de ancho con techo de lámina de zinc y piso de cemento, dicho galpón fue dividido en 27 corraletas con malla para gallinero con dimensiones de 0.75 metros de ancho y 1.25 metros de largo, provista cada una de comedero y bebedero; fueron alimentados una vez al día. Cada día se recogió el rechazo de alimento a las 07:00 am, se les alimento y ofreció agua a las 07:30 am. Las variables evaluadas fueron el peso corporal, ganancia de peso (Gan) y el consumo voluntario semanal (CoV) así como la conversión alimenticia final. Dichas variables se midieron semanalmente.





Análisis estadístico

Un total de 27 pavos con una edad de 75 días y con un peso promedio de 2.75 ± 0.12 kg fueron divididos en tres tratamientos con inclusión del 10, 15 y 20% de harina de follaje de *T. gigantea*, cada tratamiento contó con nueve repeticiones, y fue considerado un pavo como unidad experimental. Los datos generados fueron analizados con modelos de regresión lineal con el procedimiento comparación de líneas de regresión para más de dos niveles de un factor categórico (Statgraphics, 2006).

Resultados y discusión

Los resultados del trabajo (Cuadro 1) indicaron diferencias ($P \leq 0.05$) entre las regresiones lineales entre los tratamientos de 10, 15 y 20% solo para la variable peso corporal, en tanto para la ganancia de peso semanal (Gan) y el consumo voluntario semanal (CoV) los resultados fueron no significativos ($P \geq 5$). En otros términos, dichos resultados significan que los parámetros estimados por cada recta de regresión entre los tres tratamientos fueron diferentes a través de todo el período de estudio.

Cuadro 1. Comparación de líneas de regresión entre tratamientos en variables productivas.

Fuente	Peso		Gan		CoV	
	Fc	P	Fc	P	Fc	P
Semana	3500.39	0.000	0.03	0.866	83.89	0.000
Interceptos	24.77	0.000	0.95	0.391	0.54	0.584
Pendientes	3.13	0.050	1.00	0.375	1.03	0.362
R2	98.25		6.15		59.19	

Gan= ganancia semanal de peso, CoV= consumo voluntario semanal, Fc= f calculada. P= valor de probabilidad.

Los valores de los estimadores se presentan en la Figura 1, donde se muestran las líneas de regresión para cada tratamiento en el periodo de 24 semanas que duro el ensayo, evidenciando la superioridad de los pesos del T10 a lo largo de todo el estudio.



Gráfica del Modelo Ajustado

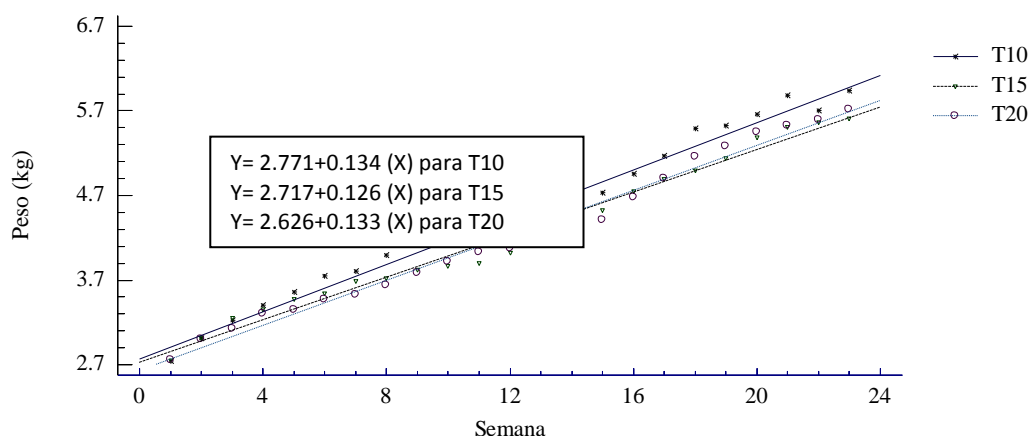


Figura 1. Comparación de líneas de regresión del peso corporal por tratamientos.

También fue evidente que el modelo de regresión lineal explico la mayor parte de la variación del peso corporal ($R^2=98.25\%$) en comparación con el consumo voluntario y la ganancia de peso (Cuadro 1). Así mismo, la conversión alimenticia al final de todo el periodo para T10, T15 y T20 promediaron 9.56, 9.88 y 9.90 kg, respectivamente, sin declararse diferencias significativas ($P \geq 5$). Respecto a los pesos los pavipollos promediaron al inicio y final del trabajo 2.75, 5.80, 2.75, 5.42 y 2.76, 5.69 kg para T10, T15 y T20, respectivamente. De igual manera, ganaron en promedio 0.134, 0.126 y 0.133 kg de peso por cada semana de estudio (Figura 1). En general, de acuerdo al comportamiento productivo de las variables estudiadas, se evidencia que el uso de la *T. gigantea* puede utilizarse hasta un 10% de la dieta.

Existe poca información de las características productivas del guajolote autóctono en condiciones experimentales y menos con el uso de harinas de arbóreas, por esta razón los resultados preliminares de este estudio se contrastan con la literatura reportada en aves domésticas. En este sentido, el uso de follaje de arbóreas en la alimentación avícola registra algunos hallazgos como el reportado por Itzá *et al.* (2010), quienes recomiendan en pollos de engorda incluir en su dieta hasta un 8% de harina de *Morus alba* a partir de 32 días de edad; similarmente, Abbas (2013), encontró que la *Moringa oleífera* es posible incluirla hasta un nivel del 5% en pollos de engorda, recomendación que no coincide con Valdivié *et al.* (2013), pues éstos demostraron que con 10, 20 y 30% de harina de hojas de moringa en las dietas para pollos de ceba durante el inicio, crecimiento y finalización respectivamente, se logró un comportamiento productivo de excelencia. Los mismos autores recomiendan la inclusión del 20% pero de harina de forraje de Moringa (hojas más tallos tiernos) para pollos de razas



pesadas. En aves de postura, los porcentajes de inclusión coinciden con el 10% de Moringa (Abbas 2013) y de *Leucaena leucocephala* (Abou-Elezz *et al.*, 2011) éste último en aves de doble propósito. Así mismo, los pesos corporales finales de este estudio fueron menores en 346 g promedio a los reportados por Pérez *et al.*, (2013b) para pavos criollos machos de 40 semanas de edad alimentados con fórmula comercial exclusivamente, pero quedaron comprendidos en el rango de peso estimado por Pérez *et al.* (2013a).

Conclusiones

Los resultados evidencian una mayor eficiencia del comportamiento productivo del pavo autóctono empleando 10% de harina de *Trichanthera gigantea* en la etapa de crecimiento a finalización. Este nivel de inclusión quedó comprendido entre los valores recomendados para otras arbustivas en ensayos con pollos de engorda de razas mejoradas.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México/I.T. Conkal, por el apoyo económico al presente proyecto “Innovación sustentable en la crianza de aves nativas de México: Utilización de *Trichanthera gigantea* en la alimentación de *Meleagris gallopavo*” con clave 6067.17-P.

Literatura citada

- Abbas, T. E. 2013. The use of Moringa oleifera in poultry diets. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 37:492-496.
- Abou, E. F., L. Sarmiento F., R. Santos R. y F. Solorio S. 2011. Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y Moringa oleifera en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45 (2): 163–170.





- Ángel, H. A., S. Morales F., J. C. Carrillo R., G. Rodríguez O., Y. Villegas A. y M. P. Jerez S. 2014. Historia, domesticación y situación actual del guajolote (*Meleagris gallopavo gallopavo*) en México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. Vol. 1(2): 132-143.
- Camacho, E. M. A., E. Jiménez H., J. Arroyo L., E. Sánchez B. y E. Pérez L. 2011. Historia natural, domesticación y distribución del guajolote (*Meleagris gallopavo*) en México. *Universidad y Ciencia*. 27 (3): 351-360.
- Canul S. M., A. Sierra V., O. Mena D., J. Ortiz O., R. Zamora B. y L. Durán S. 2011a. Contribución a la caracterización fenotípica del *Meleagris gallopavo* en la zona sur de Yucatán, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal (I)*: 284-287.
- Canul S. M., A. Sierra V., L. Durán S., R. Zamora B., J. Ortiz O. y O. Mena D. 2011b. Caracterización del sistema de explotación del *Meleagris gallopavo* en el centro y sur de Yucatán, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal (I)*: 288-291.
- Cigarroa, V F., J. Herrera H., B. Ruiz S., J. Cuca G., R. Rojas M. R. y C. Lemus F. 2013. Caracterización fenotípica del guajolote autóctono (*Meleagris gallopavo*) y sistema de producción en la región centro norte de Chiapas, México. *Agrociencia*, 47 (6): 579-591.
- Flores, G. J. S. e I. Espejel C. 1994. Tipos de vegetación en la Península de Yucatán. *Etnoflora yucatanense*. Universidad Autónoma de Yucatán. 3(10):1-35.
- Hernández, J. S., R. Oviedo, S. Martínez, L. Carreón, R. Reséndiz, J. Romero, et al. 2005. Situación del guajolote común en la comunidad de Santa Ursula (Puebla, México). In: Universidad Autónoma de Chiapas (ed.). VI Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos. San Cristóbal de las Casas, México. pp: 277-281.
- Hernández, Z. J. S., J. A. Hernández M. y F. Utrera Q. 2006. Los pavos como recursos zoogenéticos. In: *Uso de los recursos zoogenéticos: Los pavos*. Hernández Z, J. S. y Reséndiz M, R. Editores. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Itzá, O. M. F., P. E. Lara L., M. A. Magaña M. y J. R. Sanginés G. (2010). Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda. *Zootecnia Tropical*. 28(4): 477-487.





- López, Z. R., T. Monterrubio, H. Cano, O. Chassin, U. Aguilera y G. Zavala. 2008. Caracterización de sistemas de producción del guajolotes doméstico (*Meleagris gallopavo gallopavo*) de traspatio distribuidos en las cinco regiones fisiográficas del estado de Michoacán, México. *Tec. Pec. Mex.* 46(3): 303-316.
- López, Z. R., H. Cano C., O. Chassin N., K. Oyamad, G. Vázquez M. y M. G. Zavala P. 2016. Diversidad genética y estructura de poblaciones de pavos domésticos mexicanos. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4 (4): 417-437.
- Mallia, J. G. 1998. Indigenous domestic turkeys of Oaxaca and Quintana Roo, México. *Animal Genetic Resources Information* 23:69-78
- Márquez, M., E. García, C. González, y Tarango, L. 2005. Composición de la dieta del guajolote (*Meleagris gallopavo mexicana*, Gould, 1856) reintroducido en "Sierra Fría" Aguascalientes, México. *Vet. Méx.* 36(4): 395-409.
- NRC (National Research Council). 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. Ninth Revised Ed. National Academy Press, Washington, D. C. 176 p.
- Pérez, L. E., Camacho, E. M. A., Ávila, S. N. Y., Arroyo, L. J., Sánchez, B. E. I., Rodríguez, T. M. et al. 2013a. Productive evaluation of slow-growing Mexican turkeys with different diets in confinement. *Open Journal of Animal Sciences.* 3(1):46-53.
- Pérez, L. E., M. A. Camacho E., J. C. García L., S. Machorro S., N. Y. Ávila S. y J. Arroyo L. 2013b. Mathematical modeling of the native Mexican turkey's growth. *Open Journal of Animal Sciences.* 3 (4); 305-310.
- Portillo, S. R., M. I. Vázquez, F. Enríquez G., F. A. Cigarroa V. y J. G. Herrera H. 2015. Características del sistema de producción tradicional del guajolote local (*Meleagris gallopavo*) en comunidades rurales del norte de Puebla, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* (6): 112-125.
- Ríos, U. A., S. I. Román, P., A. Vélez, I., E. Cabrera T., A. Cantú C., L. Cruz C. et al. 2016. Análisis de variables morfológicas de pavos de traspatio mexicanos (*Meleagris gallopavo*). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 7(3): 377-389.
- Rodríguez, B. J., C. Allaway E., J. Wassink G., J. Segura C., T. y Ortega R. 1996. Estudio de la avicultura de traspatio en el municipio de Dzununcan, Yucatán. *Veterinaria México.* Vol XXVII (3): 215-218.





- Rosales, M. y C. I. Ríos K. 1999. Avances en la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de *Trichanthera gigantea*. p. 351-362. In: Sánchez, M. D. y M. Rosales M. (eds.). *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Estudio FAO Producción y sanidad animal 143. Roma, Italia.
- Statgraphics Centurion XV. 2006. Manual del usuario. StatPoint, Inc. U.S.A.
- Tobajas, A., A. Juárez, S. Pineda, y Figueroa J. 2011. Artrópodos componentes de la dieta de guajolotes de traspatio en el estado de Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 27(3): 829-836.
- Valdivié, M., L. Cabezas y A. Quintana A. 2013. Utilización del forraje y las hojas de *Moringa oleífera* en la alimentación de aves, cerdos y conejos. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Instituto de Ciencia Animal. p. 3353-3365.
- Z mix (Versión 3.1) [Software pecuario]. Santiago de Surco, Lima, Perú. Zootech. Disponible en: <http://www.zootech.com.pe/descargas.html>. [Última consulta: 29 de abril del 2018].





CARACTERÍSTICAS DE LA AVICULTURA DE TRASPATIO EN LA RANCHERÍA BOQUERÓN 2DA, CENTRO, TABASCO

Miguel Alberto Magaña Alejandro^{133*} y Karina de los Ángeles Ramírez Méndez¹³³

Resumen

Los sistemas de producción animal de traspatio se caracterizan por la crianza de un conjunto de animales como bovinos, ovinos, cerdos, aves y otras especies, que se explotan en los patios de las casas habitación o alrededor de las mismas. Desde el punto de vista económico, son una fuente de ingreso para el bienestar familiar. En ese sentido se elaboró un estudio en la ranchería Boquerón 2da sección, Centro, Tabasco, con el objetivo de caracterizar el sistema avícola de traspatio. Para ello se aplicaron un total de 90 encuestas con un cuestionario semi-estructurado donde se consideraron preguntas como el número de animales, tipos de gallinero y manejo que les dan a estos. Se contabilizaron el número de pollitos, así como el total de hembras y machos. Esto se realizó tanto para gallinas, pavos, patos o cualquier otra ave que ahí tuvieran. Las variables utilizadas en este análisis fueron: número de gallinas, de pavos, de patos u otras aves. Se encontró que el 60.4% de las casas cuentan con la crianza de gallinas, pavos, patos o aves de traspatio. Del total de aves adultas el 46.5% son hembras y el 24.3% son machos. Las especies adultas más abundantes fueron las gallinas (*Gallus gallus*) con un 51.6 % y los pavos (*Meleagris gallopavo*) con 25.3%. De las familias que tienen aves en sus casas el 95.4% tienen gallinero y solo el 4.6% no tienen. La alimentación de las aves es variada, solo el 15% le dan alimento cuando están pequeños. 27% de las personas mencionaron que venden sus animales o los huevos y el resto los intercambian o son consumidos en el hogar. Con todo esto se concluye que las aves de traspatio son una fuente de ingreso familiar y es el entretenimiento principal de la comunidad, principalmente para las mujeres.

¹³³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Km 0.5, carretera Villahermosa a Cárdenas. Entronque a Bosques de Saloya. *manglarujat@hotmail.com





Palabras claves: Aves, ranchería, gallinero

Introducción

Los sistemas de producción animal de traspatio se caracterizan por la crianza de un conjunto de animales como bovinos, ovinos, cerdos, aves y otras especies, que se explotan en los patios de las casas habitación o alrededor de las mismas, principalmente del medio rural (Gutiérrez-Triay, 2007). O sea que un traspatio es un espacio donde convergen tanto actividades agrícolas como pecuarias con la finalidad de proveer alimentos básicos tales como: carne, huevo, verduras, miel, entre otros a las familias principalmente de tipo rural e indígena (López *et al.*, 2012). Existen pocos trabajos sobre avicultura de traspatio en México debido a que sus indicadores son difíciles de cuantificar debido a que solo está caracterizado como una actividad de apoyo en la economía familiar al ser realizada por las amas de casa (Hernández-Pérez y Jaimes-Piñón, 2003). Desde el punto de vista económico, son una fuente de ingreso y posibles proveedores de genes seleccionados a condiciones poco favorables de producción, desde la perspectiva científica permitirán conocer los mecanismos biológicos específicos de adaptación al medio y el enfoque cultural debido a que muchas especies avícolas juegan un papel importante en las costumbres de la población (Henson, 1992).

La finalidad de la avicultura de traspatio es producir, pollos, pavos, patos para el autoconsumo con ello ahorrar gastos. De igual manera para venderlos y tener un pequeño ingreso que les servirá para comprar algunas cosas que necesiten para su casa.

Dentro de las especies animales que se explotan bajo este sistema, las gallinas son las más importantes debido a su corto ciclo de producción y bajo costo. Más del 90% de las familias rurales con animales de traspatio en México poseen aves, de las cuales la gallina es la especie más abundante (Segura, 1988). En Tabasco, el conocimiento que se tiene de la producción avícola rural y de traspatio es casi nulo, ya que son escasos los estudios que se han realizado, y por lo tanto se carece de información objetiva que permita sugerir u orientar acciones tendientes a superar las limitaciones de su desarrollo; en este sentido, el objetivo de este estudio fue conocer cuáles son las características que tiene el sistema de producción



avícola de traspatio en la ranchería Boquerón del municipio de Centro, Tabasco, México, lo cual permitirá obtener información a partir de la cual será posible implementar medidas preventivas que impacten de manera directa en la economía y nutrición de las familias.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en septiembre de 2017, en la ranchería Boquerón 2da sección del municipio de Centro, Tabasco (Figura 1). Cuenta con una población total de 561 habitantes de los cuales 305 son hombres y 256 son mujeres (INEGI, 2010), el número total de viviendas es de 149. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano.

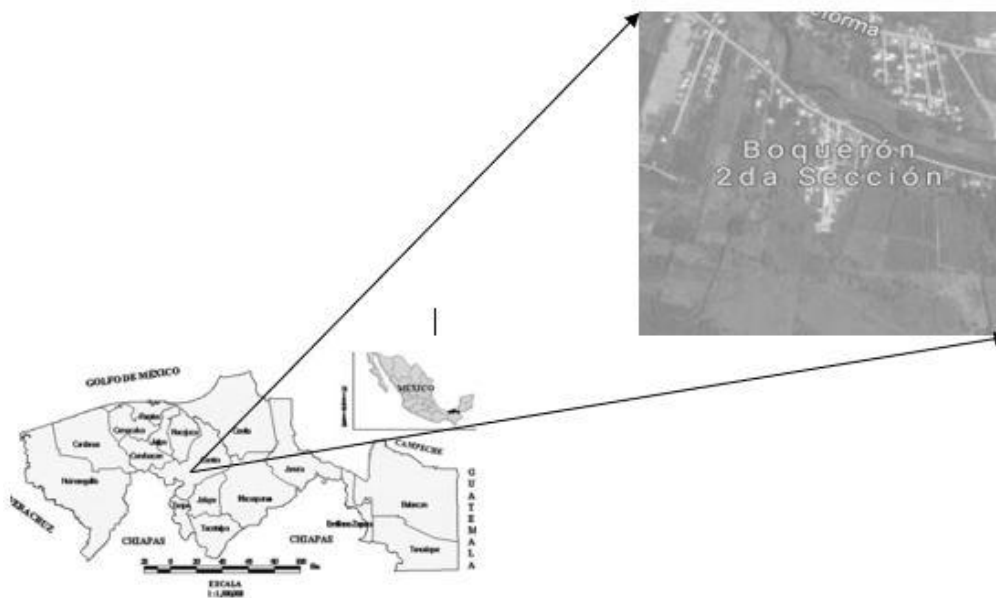


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Se calculó el tamaño de muestra de acuerdo a la metodología propuesta por Rodríguez

(2002), de la siguiente manera: $n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq}$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

e = Error de estimación (10%)



Z = Valor de tabla de la distribución normal de estándar (1.96)

N = Tamaño de la población.

p = Probabilidad de éxito (0.5)

q = Probabilidad de fracaso (0.5)

Se obtuvo un tamaño de muestra de 81, sin embargo, con el interés de recopilar mayor información se aplicaron un total de 90 encuestas con un cuestionario semi-estructurado. De la información obtenida con las encuestas, se hizo un análisis cualitativo tomando en cuenta en las preguntas el número de animales, tipos de gallinero, alimentación, manejo que les dan, venta y consumo.

Para obtener el inventario de las aves que tienen dentro de sus patios, se consideraron tanto las aves domésticas de consumo como las de ornato.

Se contabilizaron el número de pollitos, así como el total de hembras y machos. Esto se realizó tanto para gallinas, pavos, patos o cualquier otro tipo de ave que tuvieran. Las variables utilizadas en este análisis fueron: número de habitantes por predio, número de gallinas, de pavos, de patos y otras aves. El sexo y etapa de vida de las aves, alimento utilizado, tipo de gallinero en el predio, promedio de huevo.

Resultados

*Inventario

Se encuestaron 90 personas de las 561 familias que existen en Boqueron 2da sección, donde habitan entre tres y cuatro personas por casa. El 60.4% de las casas cuentan con la crianza de gallinas, pavos, patos y algunas aves de ornato. El inventario total de aves que están en los patios de las casas se presenta en la figura 2. Las aves más abundantes fueron las gallinas con un 54.1% seguida de los pavos con un 27.3%, el resto de las aves se encontraron en menor proporción.



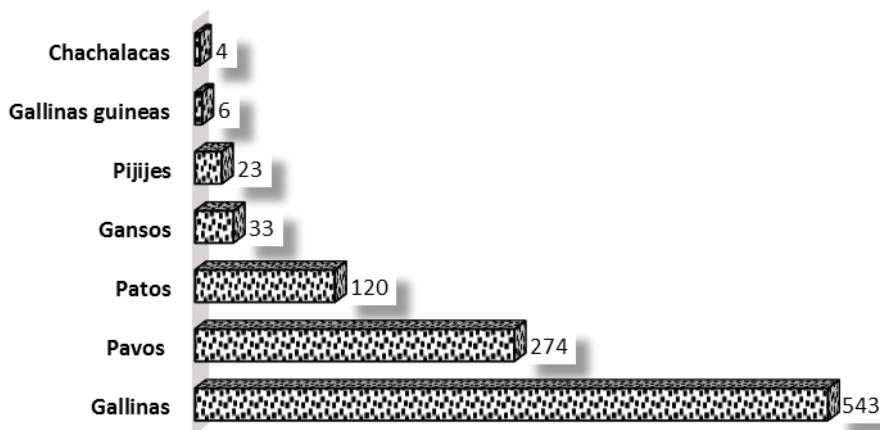


Figura 2. Número de individuos encontrados por especie.

El inventario por sexo y etapa de vida se presentan en la tabla 1, donde 711 son aves adultas y el resto (292), están en crecimiento o aún son pollitos. Del total de aves adultas el 46.5% son hembras y el 24.3% son machos. Las especies adultas más abundantes fueron las gallinas (*Gallus gallus*) con un 51.6 %, los pavos (*Meleagris gallopavo*) con 25.3% y los patos (*Cairina moschata*) con 14.7% el resto pertenecen a otras especies.

Tabla 1. Inventario de aves de traspatio por sexo y etapa de vida.

	Gallinas	Pavos	Patos	Gansos	Pijije	Gallinas guineas	Chachalaca
Hembras adultas	273	95	65	15	13	3	3
Machos adultos	94	85	40	12	10	2	1
Pollos(as) en Crecimiento	103	63	15	3	0	0	0
Pollitos	73	31	0	2	0	1	0
TOTALES	543	274	120	33	23	6	4

*** Instalaciones**

De las familias que tienen aves en sus casas el 95.4% tienen gallinero y solo el 4.6% no tienen, estos últimos mencionan que no lo tienen porque como tienen pocos animales no es necesario hacer el gasto y ellos no tienen dinero, por lo tanto, sus animales duermen arriba de los árboles. En cambio, una parte de las familias que tienen sus gallineros dicen que prefieren tener encerrados sus animales debido a que se los roban. Otras contestaron que solo los tiene libre en el día y en la noche los guarda en su gallinero.



El 45% de los techos de los gallineros es de hojas de palma, otro 23% utiliza lámina de cartón, 15% usa lamina de zinc, 7% utiliza la sombra de un árbol y 10% utiliza diferentes materiales como bolsas, tablas, plásticos o lonas de diferentes propagandas.

Los pisos son principalmente de tierra, aunque algunos tienen piso de cemento, así como también hay algunos que están contruidos sobre palafitos y el piso es de palos. La mayoría tiene sus comederos y bebederos en recipientes de plásticos y otros están mejor elaborados, ya que tienen comederos hechos de cemento.

* Alimentación

La alimentación de las aves es variada, inicialmente cuando están pequeños solo al 15% le dan alimento que compran en las veterinarias, un 43% les dan el shis del pozol, 27% les dan maíz molido y un 15% les dan desechos de comida (masa, pan o arroz). Cuando son adultos no utilizan alimento comercial, sino que les dan tortilla, picada, coco picado, restos de frutas, maíz e incluso muchos dijeron que los dejaban libres para que comieran lo que encontraran en el campo. El agua que toman los animales es agua de la llave, del pozo o de la que encuentran en los charcos o arroyos que están dentro de sus propiedades.

* Manejo sanitario

Un 90% de las personas encuestadas mencionaron no haber tenido problemas de mortandad de sus aves y solo en ocasiones los pollitos. Cuando se les muere algún animal y no saben de qué se murió la gente los quema o los entierra para evitar un posible foco de infección. En el caso de las gallinas cuando se les enferma muere de diarrea, ellos utilizan las pastillas de sulfatiazol. Cuando los pavos se les enferman por verrugas que le salen (bubas) ellos les ponen petróleo sobre la verruga y esta se les cae y si les da catarro (moquillo) dicen que solo los separan de los demás porque no saben qué hacer y así no se les infectan los demás. Finalmente, mencionaron que donde no tienen nada que hacer es cuando se le salen a la carretera y son atropellados. En la etapa adulta casi no tienen problemas de enfermedad salvo en algunas ocasiones cuando pega el mal por la comunidad, aunque es muy raro a excepción de los patos que al parecen son más resistentes y no se les enferman.





* Producción

Cuando se les preguntó, que sí que ave les gustaría criar más, el 60% respondió que las gallinas porque son de crecimiento más rápido y se las pueden comer o vender en menor tiempo, otro 30% respondió que les gustaría criar más pavos, aunque tardan un poquito más en crecer, se pueden vender a un mejor precio que los pollos y un 10% respondió que les gustaría criar más patos porque no requieren de mucho cuidado y se enferman menos, sin embargo se observó que hay quienes tienen gallinas, patos y pavos. Un aspecto interesante fue que algunos dijeron que no les gustaría criar patos porque dicen que casi no lo comen debido a que es muy dura su carne y que casi no se vende, otros mencionaron con respecto a los gansos que, aunque son bonitos no les gustaría tenerlos porque son muy delicados y finalmente con respecto a las aves de ornato dicen que no tienen porque solo son de lujo y que no se comen, pero que además no les deja ingreso sino gasto.

* Venta y Consumo

La producción de aves de traspatio en boquerón segunda sección juega dos aspectos importantes, la primera es que el 52% de las aves de corral las consumen en el hogar y el segundo es para su fuente de ingreso económico ya que 27%, mencionaron que venden sus animales el resto de las aves y en menor porcentaje los intercambian por algún otro producto o se los regalan a sus familiares. En el caso de los huevos que se producen el 50% mencionó que los utiliza para reproducción y el otro 50% son consumidos, lo venden o los regalan a sus familiares.

Discusión

Las aves de traspatio en Tabasco, siguen siendo una alternativa de alimentación sana, debido a que en la comunidad aún sigue viva esta actividad. Sin embargo, estudios sobre la avicultura de traspatio no se encuentran en el estado solo para otros lugares como Michoacán o Yucatán, en ese sentido los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con el realizado por Gutiérrez-Triay *et al.* (2007) donde menciona que las aves de mayor importancia fueron las gallinas y después los pavos ya que fueron las más abundantes en





ambos predios. Esto hace que la avicultura en Boquerón 2da sección de Villahermosa, Tabasco, sea una de las actividades más importantes de la comunidad tal como lo mencionan Rejón *et al.* (1996) en Texán y Tzucalá, en Yucatán que consideran a esta actividad en un rango de importancia de 80 a 83%. Así como también lo hicieron notar Aquino-Rodríguez *et al.* (2003) en Veracruz quienes reportaron que el 63% de familias tenían gallinas y eran las más abundantes.

En cuanto al porcentaje de familias que tienen gallineros en sus casas, en este trabajo se encontró que es ligeramente mayor (95.4%) que los reportados por Gutiérrez-Triay *et al.* (2007) para Yucatán de 90.3% y aun mucho más que lo reportado por Barredo-Pool *et al.* (1991), Rejón-Ávila *et al.* (1996) con porcentajes de 50% y 78%.

En cuanto a la alimentación, esta es muy variada, tanto en animales chicos como en los grandes ya que en esta zona se les da en algunas partes de pequeño alimento balanceado, pero también desechos de alimento y en adultos se les proporciona frutas, tortillas, maíz y otros granos que consideran que los animales pueden comer, en cambio para Tetiz, Yucatán según Gutiérrez-Triay *et al.* (2007) solo les proporcionan alimento balanceado, maíz y tortillas.

En cuanto al manejo sanitario, reportaron muy poca mortandad a diferencia de lo que reportan los autores antes mencionados que, aunque son las mismas enfermedades, pero con otros nombres allá si existe una alta mortalidad. A pesar de que no acostumbran vacunar a sus animales ya que casi el 95% son animales criollos.

La producción de gallinas criollas en esta comunidad es alta ya que el porcentaje de eclosión también es alto (90%) a diferencia de lo que reportan Juárez-Caratachea y Ortiz-Alvarado (2001) en otras regiones del país quienes al incubar huevos gallinas criollas observaron 58.0 y 60.7% de eclosión.

Conclusiones

1.- La avicultura en la ranchería Boquerón 2da sección es muy variada ya que no solo tienen animales domésticos como gallinas, pavos, patos, sino que también hay aves de ornato como los gansos, gallinas de guinea y pijijes. 2.- Existe poca mortandad de animales en la





comunidad y esto puede ser porque la mayoría de las familias entierran sus animales que se les mueren y así evitan el foco de infección. 3.- Las familias que cuentan con gallinas y pavos prefieren tener dos gallineros uno para cada uno y así evitan que se lastimen entre ellos. 4.- El buen porcentaje de gallinero con los que cuentan en la comunidad les ha dado buen resultado, ya que esto ha hecho que el robo de sus aves sea mínimo. 5.- La avicultura de traspatio en la ranchería Boquerón es una actividad importante ya que les proporciona alimento de origen animal e ingresos económicos a las familias que las practican.

Literatura citada

- Aquino-Rodríguez, E., A. Arroyo-Lara, G. Torres-Hernández, D. Riestra-Díaz, F. Gallardo-López F. y B. A. López-Yañez. 2003. El guajolote criollo (*Meleagris gallopavo* L) y la ganadería familiar en la zona centro del estado de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México* 41:165-173.
- Barredo-Pool, L.H., J. G. Berdugo-Rejón y P. A. Velázquez Madrazo. 1991. Estudio de la ganadería de traspatio en el municipio de Mocochoá, Yucatán. *Veterinaria México* 22:29-33.
- Gutiérrez-Triay, M.A., J. C. Segura-Correa, L. López-Burgos, J. Santos-Flores, R. R. H. Santos, L. Sarmiento-Franco, M. Carvajal-Hernández y G. Molina-Canul. 2007. Características de la avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 7: 217 – 224.
- Henson, E.L. 1992. In situ conservation of livestock and poultry. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 112 pp.
- Hernández-Pérez, J.O. y P. X. Jaimes-Piñón. 2003. La participación de las mujeres en el manejo integral del traspatio. Gobierno del estado de Chiapas. Instituto de la Mujer. Chiapas. 50 pp.
- Juárez-Caratachea, A. y M. A. Ortiz-Alvarado. 2001. Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Veterinaria México* 32:27-32.





- López, P.E., M. A. Pro, G. J. M. Cuca y H. P. Pérez. 2012. Situación actual y perspectivas de la ganadería de Traspatio en México y la Seguridad alimentaria. III Foro Internacional de Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Segura, J.C. 1988. Estado actual y comportamiento de las aves cuello desnudo en México. Memorias del IV Congreso Iberoamericano de razas autóctonas y criollas. 23-27 de octubre de 1998. Tampico, Tamaulipas, México. 247-255.
- Rejón-Ávila, M.J., A. F. Dájer-Abimerhi y N. Honhold N. 1996. Diagnóstico comparativo de la ganadería de traspatio en las comunidades Texán y Tzacalá de la zona Henequenera del estado.
- Rodríguez, M. E. A. 2002. Metodología de la Investigación. 4a Edición. Ed. Impresora Mercantil, Villahermosa, Tabasco. México. 182 p.





PARTICIPACIÓN DE LA MUJER PARA LA CONSERVACIÓN DE *Gallus gallus domesticus* EN COMUNIDADES RURALES DE TETELA DE OCAMPO, PUEBLA

Maribel Martínez Carrera^{134*}, Gerardo Landeta Cortés¹³⁴, Carlos Esli Tirado Erazo¹³⁴,
José Víctor Rodríguez Hernández¹³⁴ y Omar Romero Arenas¹³⁴

Resumen

En México, los animales que encontramos en mayor frecuencia en comunidades rurales e indígenas es la gallina criolla, principal abastecedora de proteína animal. La crianza de gallinas de traspatio es una característica importante en las comunidades como base de sustento alimenticio y otros recursos; es común encontrar en las localidades rurales diversas razas de gallinas en diferentes condiciones de producción. El presente trabajo estudió los caracteres fenotípicos morfológicos de gallinas criollas y la participación de la mujer en la conservación de este recurso zoogenético. Las comunidades rurales que se estudiaron son: San José, Puente Seco, Ometepetl, Buenavista, La Soledad y La Cañada, las cuales pertenecen al municipio de Tetela de Ocampo, Puebla. En los resultados obtenidos se observa que el potencial zoométrico en los machos son significativamente mayores que las hembras; en el caso de la comunidad de La Cañada, es la que presenta mayor diferencia con un 35.9% entre machos y hembras, en caso contrario la comunidad San José, es la que presenta el menor porcentaje de diferencia con un 14.77%, de igual manera los machos tienen diferencias significativas entre ellos mismos. Las gallinas de las seis comunidades también presentan diferencias significativas entre ellas; las gallinas que se encuentran en la comunidad de La Cañada, presentan una diferencia de 6.88% comparado a las de la comunidad de Puente Seco, mientras que los machos de la comunidad de la Cañada presentan el mayor potencial zoométrico obteniendo una diferencia hasta del 22.13% en la comunidad de Ometepetl. Los resultados arrojados por las encuestas, demuestran que en la mayoría de las familias (72%), las mujeres son las que crían las gallinas criollas con el fin de obtener proteína de origen animal y recursos económicos para la manutención del hogar,

¹³⁴Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *mary.martinez.9207@gmail.com





además, de tener preferencias en gallinas criollas por su capacidad de adaptación y resistencia a enfermedades.

Palabras clave: Medidas zoométricas, traspatio, producción, alimentación, vivienda

Introducción

Dentro del país, el inventario avícola corresponde a la avicultura de traspatio con un 35%, siendo los estados de Oaxaca (12.7%), Puebla (11.8%), México (9.8%) y Veracruz (7.9%) donde podemos encontrar una mayor concentración de aves de traspatio (Sánchez, 2012), estas aves se clasifican como semipesados, ya que no corresponden a las aves de postura ni a las de engorda (Andrade, 2011). Los animales criollos están adaptados a las condiciones climáticas y de manejo dentro de la región, sin embargo; estos animales se encuentran bajo la amenaza de una dilución genética o reemplazo por animales mejorados, además de que estas razas criollas no están definidas claramente (Mantilla, 2012; Sierra, 2010). Los animales de traspatio contribuyen a la predicción y caracterización fiable de un recurso genético animal en su ambiente tradicional, proporcionando un conocimiento local de los distintos entornos a los que se encuentran adaptados (Afolayan, 2010). El traspatio no representa un gran gasto económico para las familias que la practican, las instalaciones son rústicas y de bajo costo, construidas con materiales de la región. Uno de los costos importantes en la producción animal comercial, es la mano de obra para su mantenimiento (alimentación, medicamentos, curaciones, etc.), que en el sistema de traspatio, es ejercida con inversión mínima, donde las mujeres juegan un papel muy importante en el desarrollo de comunidades; quienes normalmente tienen a cargo el cuidado del hogar y la crianza de animales, mientras que los hombres salen a trabajar (Gutiérrez *et al.*, 2004; López *et al.*, 2013).



Materiales y métodos

El trabajo se realizó en seis comunidades pertenecientes al Municipio de Tetela de Ocampo, el cuál comprende una superficie de 329.549 km², conformada por 79 comunidades (INEGI, 2016). Ubicado bajo las coordenadas geográficas: 19° 46' y 19° 42' de latitud norte y 97° 49' y 97° 44' de longitud oeste (Figura 1) y un rango de altitud entre 2,037 y 1650 msnm. El Municipio cuenta con un clima templado subhúmedo, la temperatura del mes más frío se encuentra entre -3 y 18°C; una precipitación media anual de 750 mm y la del mes más seco es mayor de 40 mm (INEGI, 2009).

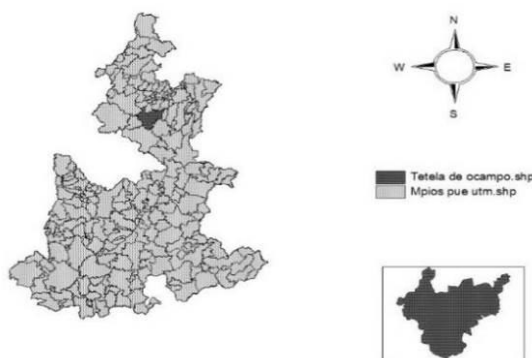


Figura 1. Mapa base de la zona de estudio Municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

Elección de la muestra

Se realizaron un total de 60 encuestas por el método bola de nieve, distribuidas en las seis comunidades del municipio. En el proceso de encuesta se realizó un censo del número de aves (*Gallus gallus domesticus*) por vivienda con una totalidad de 722 aves. El tamaño de muestra se toma a partir de la fórmula de Murray y Larry (2009), mientras que el tamaño de la población son registros de INEGI y CONEVAL (2010).

$$n = \frac{Z\alpha^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Donde:

- n: tamaño muestral
- N: tamaño de la población
- Z: valor correspondiente a la distribución de gauss, $Z\alpha = 1.78$



- p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse ($p = 0.7$), que hace mayor el tamaño muestral
- q: $1 - p$ (si $p = 70\%$, $q = 30\%$)
- i: error que se prevé cometer si es del 10%, $i = 0.1$

Caracterización del sistema de producción

La muestra total se realizó con 376 aves, de los cuales se midieron 301 gallinas y 75 gallos. Los instrumentos utilizados para medir todas las variables fueron: Vernier de 15 cm (± 1 mm) para tomar 18 medidas. Una Báscula Rhino (0.2 g de error) para el peso vivo. Una cinta métrica (± 1 mm) para tomar ocho medidas. Finalmente, un goniómetro para medir el ángulo de pecho. Las medidas zoométricas (Méndez, 2010; Francesch *et al.*, 2011), fueron 26 para las hembras y 28 para los machos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medidas zoométricas tomadas a las gallinas.

Peso	11. Longitud pico	21. Longitud ala plegada
Longitud cráneo	12. Anchura pico	22. Longitud muslo
Anchura cráneo	13. Longitud barbilla	23. Longitud tarso
Longitud cresta	14. Anchura barbilla	24. Diámetro tarso antero-posterior
Anchura cresta	15. Envergadura	25. Diámetro tarso latero-medial
Longitud ocular	16. Longitud cuello	26. Longitud dedo medio
Anchura ocular	17. Longitud dorso	27. Perímetro caña*
Longitud orejilla	18. Longitud cola	28. Longitud espolón*
Anchura orejilla	19. Ángulo de pecho	
Perímetro torácico	20. Longitud quilla	

*Medidas tomadas únicamente a machos.

Resultados y discusión

De las 60 viviendas seleccionadas, el 28% fue respondido por el jefe de la familia y el 72% por las amas de casa; demostrando que las mujeres tienen un papel importante en el cuidado de los animales y manejo de los recursos genéticos (Hernández y Jaimes, 2003;



Vieyra *et al.*, 2004). Los nombres de gallinas que se presentan a continuación son términos utilizados coloquialmente por los pobladores del municipio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características fanerópticas de las gallinas criollas.

Nombre coloquial de la gallina	Características
 <p>Figura 2. Barbona</p>	<p>Presenta una variación en la longitud de las plumas ubicadas en cada lado del rostro y debajo del pico inferior, por lo que se observa abundante plumaje en ambos lados de la región auricular y alrededor de la cara simulando una barba compacta con patillas a los lados.</p>
 <p>Figura 3. Cuello desnudo</p>	<p>Presenta una variación en la distribución de las plumas ya que las que corresponden al trayecto inferior de la cabeza no existen, excepto la parte más próxima a la cresta, esta zona no solo carece de plumas sino de folículos. De igual forma, la parte dorsal del cuello carece de plumas menos las que corresponden al trayecto espinal anterior. Falta el trayecto ventral, excepto dos pequeñas manchas a cada lado y encima del buche. La piel desnuda del cuello se torna rojiza cuando se alcanza la madurez sexual al igual que toda la piel expuesta al aire libre.</p>
 <p>Figura 4. Sin cola</p>	<p>Falta de rabadilla debido a una variación en el esqueleto, también carecen de las plumas rectrices caudales, de los músculos relacionados, de las cinco vertebra caudales libres (coccígeas) y del pigóstilo; en otros individuos de tipo genético intermedio, las cinco vertebra caudales libres están fisionadas de modo irregular.</p>
 <p>Figura 5. China</p>	<p>Presencia de plumaje rizado la gallina se diferencia por su forma característica: las plumas exteriores, cabeza, cuello, tronco y alas están curvadas hacia adelante, especialmente la punta y retorcidas o enrolladas una o varias veces, lo que hace visible la cara inferior del plumaje, dándole un aspecto crespo y esponjoso.</p>
 <p>Figura 6. Botuda</p>	<p>El nombre lo adquiere por tener plumas en las patas y dedos que por lo general son más abundantes a lo largo del borde externo del tarso metatarso y en el dedo más exterior.</p>
 <p>Figura 7. Copetona</p>	<p>Presenta una variación en la longitud de las plumas, esto se debe a que algunas plumas de la cabeza son más largas y más o menos erectas en vez de permanecer pegadas en la cabeza. En algunos casos presenta una pequeña elevación del cráneo y encima de este un penacho de plumas que se dirigen hacia atrás.</p>

Continúa Cuadro 2...

Nombre coloquial de la gallina	Características
	<p>Las características distintivas que la confieran a esta variedad no son apreciables a simple vista, las particularidades que pueden observarse en las encontradas en esta comunidad son un tono oscuro en las patas, de igual forma en la carne, aunque es despreciada esta variedad, por muchos es preferida debido al sabor y consistencia.</p>
<p>Figura 8. De carne negra</p>	
	<p>El color de esta ave es distintivo de una de las razas de gallinas de tipo ponedoras, quienes son relativamente resistentes, ya que pueden soportar dietas pobres y un "alojamiento" poco adecuado en mayor medida que otras razas, sin dejar de producir huevos. Expertos la describen como un ave grande, de cuerpo ancho, bajo, horizontal y con presencia de patas amarillas.</p>
<p>Figura 9. Colorada</p>	
	<p>Esta ave es de tamaño mediano y adaptado al clima húmedo de la zona, su adaptabilidad le permite vivir de los alimentos que ella misma se procuraba, con lo que apenas requería mantenimiento humano. Es un ave netamente campera y sus gallos tienen un carácter fuerte, lo que les permite imponerse a razas de mayor tamaño con las que conviven.</p>
<p>Figura 10. Abada</p>	
	<p>En su totalidad el color en el plumaje de esta ave es característico, se le define como un ave ligera y muy rústica. Resistente al calor y de temperamento inquieto. De tamaño mediano por lo cual es poco preferido por su crecimiento tardío y capacidad materna.</p>
<p>Figura 11. Negra</p>	
	<p>Por su color característico tamaño, calidad materna, postura de crecimiento normal, ágil, fuerte, con la línea del dorso cóncava y cuerpo redondeado. Seleccionada con mayor frecuencia para doble propósito.</p>
<p>Figura 12. Café o marrón</p>	
	<p>Esta ave es muy parecida a la anterior, pero con las plumas ligeramente claras de cabeza relativamente larga y pequeña, el pico es largo, y está un poco curvado hacia abajo. La Cola está bien poblada, la cresta, la cara y las barbillas son de color rojo vivo, distinguida por su consumo de alimentos variados obtenidos en el hogar (residuos orgánicos).</p>
<p>Figura 13. Amarilla</p>	
	<p>Se aprecian rasgos de un plumaje gris obscuro o cenizo. Aunque su frecuencia no es muy constante es preferida por su tamaño, gran calidad materna, abundancia de su puesta y el tamaño de sus huevos y sobretodo porque son aves muy rústicas y su producción de carne y de huevos se puede adaptar a las necesidades de explotaciones avícolas de autoconsumo.</p>
<p>Figura 14. Ceniza</p>	

*Elaboración propia: Fotografías tomadas en la región de estudio.

De las medidas zoométricas, el peso promedio que se obtuvo en hembras y machos fue de 2.48 y 3.57 kg respectivamente, Lázaro *et al.* (2012) reportaron 1.60 y 2.17 kg en hembras y



machos en la comunidad de Tecali de Herrera, Puebla, lo que indica que los resultados obtenidos de las gallinas criollas en estas comunidades son superiores tanto para hembras como machos, lo cual puede inferirse un beneficio para los dueños de estos traspatios. Se encontraron diferencias significativas en el potencial zoométrico entre los machos en diferentes comunidades, también se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras con la prueba de t de student ($t=-8.33$; $p=0.03$), donde se observó que los machos tienen medidas zoométricas más grandes, es común encontrar que los machos presenten medidas zoométricas más altas (Zaragoza *et al.*, 2013). En la comunidad de la Cañada se presenta la mayor diferencia entre machos y hembras con una diferencia de 35.9%, en contraste se encuentra la comunidad San José con una diferencia de 14.77%. Las diferencias de potencial zoométrico entre las gallinas es significativa en las seis comunidades; la comunidad de La Cañada, presenta la mayor diferencia de 6.88% con la comunidad de Puente Seco, mientras que los machos de la comunidad de La Cañada presentan el mayor potencial zoométrico obteniendo una diferencia hasta del 22.13% en la comunidad de Ometepetl (Cuadro 3).

Cuadro 3. Potencial zoométrico de hembras y machos.

Comunidades	Hembras			Machos			% Diferencias entre machos y hembras
	Potencial zoométrico*	%	≠	Potencial zoométrico*	%	≠	
Puente seco	338.77 ^a	100	0	405.94 ^c	82.48	17.52	16.546
San José	333.27 ^b	98.38	1.62	391.03 ^e	79.45	20.55	14.77
Buenavista	328.97 ^c	97.11	2.89	433.88 ^b	88.16	11.84	24.179
La Soledad	324.94 ^d	95.92	4.08	398.70 ^d	81.01	18.99	18.5
Ometepetl	320.91 ^e	94.73	5.27	383.18 ^f	77.86	22.14	16.25
La Cañada	315.44 ^f	93.11	6.89	492.14 ^a	100	0	35.905

* Medias con misma letra en una columna no son significativamente diferentes (Tukey HSD, $P < 0.05$).

Conclusiones

1.- Dentro de las comunidades de San José, Puente Seco, Ometepetl, Buenavista, La Soledad y La Cañada podemos identificar una gran diversidad de gallinas (*Gallus gallus*





domesticus) de traspatio en diferentes condiciones de manejo. 2.- Los machos tienen diferencias significativas entre ellos mismos; los machos que sobresalen son de la comunidad de La Cañada en comparación de las otras cinco comunidades en cuestión a sus medias zoométricas. Las hembras también tienen diferencias entre ellas mismas en las diferentes comunidades, las que destacan son las de la comunidad de Puente Seco. 3.- La participación de las mujeres, sigue siendo fundamental en el mantenimiento de las aves y por ende reservan la diversidad que existen en sus comunidades.

Literatura citada

- Afolayan, O. 2010. Genetic characterization of northwest Nigerian indigenous chickens using mitochondrial DNA (d-loop region). Department of animal breeding and genetics, University of Agriculture, Abeokuta. Abeokuta, Ogun State, Nigeria. 56 p.
- Andrade, G. C. S. 2011. Determinación de parámetros reproductivos y productivos de gallinas criollas para huevo verde, desde la recolección de huevos hasta la etapa inicial. Tesis de Licenciatura. Riobamba, Ecuador. 109 p.
- Francesch, A., I. Villaba. y M. Cartañá. 2011. Methodology for morphological characterization of chicken and its application to compare Penedesenca and Empordanesa breeds. *Animal Genetic Resources*. 48:79-84
- Gutiérrez, R. E., J. E. Gough., R. Banks, J. Aldous E., P. Russell y J. Alexander D. 2004. Variant infectious bronchitis viruses from backyard chickens from Yucatan, Mexico. p. 26-38 In: IV International symposium on avian corona and pneumovirus infections. Rauschholzhausen, Germany.
- Hernández, P.J.O. y J.G. Jaimes P. 2003. La participación de las mujeres en el manejo integral del traspatio. Gobierno de Chiapas. Instituto de la mujer, Chiapas. 50 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario e información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tetela de Ocampo, Puebla. Libro electrónico, INEGI. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/21/21172.pdf>. [Consultado el 16 de Julio 2016].





- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y CONEVAL (Congreso Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2014. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Tetela de Ocampo, Puebla. https://www.extranet.sedesol.gob.mx/pnt/Informe/informe_municipal.pdf [Consultado el 23 de febrero 2016].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Perspectiva Estadística Puebla. Libro electrónico, INEGI. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/pue/Pers-pue.pdf. [Consultado el 16 de Julio 2016]
- López, G. J. L., M. Á Damián H., F. Álvarez G., G.P. Zuluaga S., F. Parra I. y J.A. Paredes S. 2013. El traspatio de los productores de maíz: en San Nicolás de los Ranchos, Puebla-México. Revista Ra Ximhai. Universidad Autónoma Indígena de México. 9:181-198.
- Lázaro, G.C., J.S. Hernández Z., S. Vargas L., A. Martínez L. y R. Pérez, A. 2012. Uso de caracteres morfométricos en la clasificación de gallinas locales. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal. 2:109-114.
- Mantilla, G. J. A. 2012. Diferenciación reproductiva, productiva y molecular de cuyes nativos de la región Cajamarca. Tesis de doctorado. Cajamarca, Perú. 149 p.
- Méndez, T. Y. 2010. Zoometría comparada en las gallinas baleares. Máster Interuniversitario en Zootecnia y Gestión Sostenible: Ganadería ecológica e integrada. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. 36 p.
- Murray, R. S. y L.J. Stephens. 2009. Estadística. p. 6. Cuarta Edición. McGraw-Hill. México, D. F.
- Sánchez, G. M. R. 2012. Caracterización local de gallinas criollas (*Gallus domesticus*) encontradas en los traspatios de las familias de Tomás Garrido, Tacotalpa, Tabasco. Informe técnico. Campo experimental Tacotalpa, Tabasco., México. 31 p.
- Sierra, V. A. 2010. "Situación de los recursos zoogenéticos en Iberoamérica: el caso de México" p. 614 In: XI Simposio Iberoamericano sobre Conservación y Utilización de Recursos Zoogenéticos. Germano, C. R.; da Rocha, L. L. y Rodrigues M. G. (eds.). Joao Pessoa, Paraíba, Brasil.





- Vieyra, J., A. Castillo., H. Lozada., J. Córtes, G. Alonso. B., T. Ruíz., P. Hernández., Zamudio, A. y Acevedo, A. 2004. La participación de la mujer em la producción traspatio y sus beneficios tangibles e intangibles. Cuadernos de Desarrollo Rural. 53:9-23.
- Zaragoza, M.L., V. Rodríguez J., J.S. Hernández Z., R. Perezfrovas G., B. Martínez C. y J.A. Méndez E. 2013. Caracterización de gallinas batsi alak en las tierras altas del surueste de México. Arch.zootec. 62: 222-232.





DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE *Trifolium repens* EN ASOCIACIÓN CON *Lolium perenne* PARA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Ricardo Martínez Martínez^{135*}, Perpetuo Álvarez Vázquez, Claudia Yanet Wilson García, Ricardo Vicente Pérez, Enrique-Octavio García Flores y Florencia García Alonso

Resumen

Se determinó la dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de trébol blanco (*Trifolium repens*) en asociación con Ballico perenne (*Lolium perenne*), para la alimentación de rumiantes. El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México; tuvo una duración de siete semanas. El área experimental se conformó de tres parcelas de aproximadamente 9x7 m, las cuales fueron regadas cada 15 días. Las variables que se evaluaron fueron: rendimiento del forraje (RF), tasa de crecimiento (TC), composición morfológica (CM), relación hoja-tallo (H/T), altura de la planta (AP) y área foliar (AF). Los datos fueron analizados con los programas Microsoft Excel y SAS para determinar tendencias y diferencias entre las especies. El rendimiento de forraje se incrementó a través del tiempo con un rendimiento inicial de 1,300 kg de MS/ha y final de 5,600 kg de MS/ha. La TC tuvo un comportamiento similar al rendimiento de forraje total. El trébol blanco contribuyó con un 62%, material muerto con 27%, las malezas con 7% y el que menos aportó fue el pasto Ballico perenne con 4%. La relación hoja-tallo en el trébol registró mayor promedio en comparación con el Ballico. El mayor promedio en área foliar por tallo lo registró la especie trébol con 753.8 cm². Las alturas tuvieron un comportamiento irregular. El trébol es la especie forrajera que más aporta al rendimiento total de MS en una pradera asociada trébol-Ballico. En conclusión, el rendimiento total de MS, TC, relación H/T, altura y área foliar por tallo, tuvieron una tendencia a incrementarse semanalmente.

Palabras clave: forrajes, alimentación animal, dinámica, crecimiento foliar

¹³⁵ Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur. Avenida Independencia Nacional, No. 151, Centro, C.P. 48900, Autlán de Navarro, Jal. *ricardo.mmartinez@academicos.udg.mx





Introducción

Para tener un manejo eficiente del pastoreo (rotacional o continuo), se requiere conocer de la producción óptima y la dinámica de crecimiento de los forrajes, del consumo de MS por parte del ganado y factores ambientales (Cuadrado *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2010). De esta manera, se pueden diseñar sistemas de producción animal en pastoreo adecuados. Uno de los factores para optimizar el manejo de las pasturas, como ya se mencionó, es conocer la dinámica de crecimiento de éstas, ya que permite y facilita la toma de decisiones en relación al manejo pastoril (Chacón y Sarmiento, 1995).

Por lo tanto, el crecimiento aéreo de una cubierta vegetal puede ser descrito a partir de los procesos que determinan el emplazamiento del área foliar (Berroterán y García, 1986). La defoliación óptima de las plantas resulta de una interacción entre la necesidad de retener área foliar para fotosintetizar, y la necesidad de remover el tejido foliar antes de que una alta proporción fenezca (Olivera *et al.*, 2008). El índice de área foliar (IAF) se refiere a la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo. A medida que el IAF aumenta, menor será la cantidad de luz que puede llegar al suelo y mayor será la tasa de crecimiento (Hodgson, 1990). El crecimiento de una planta es abastecido por la energía en forma de azúcares simples, producidos en el proceso de la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja verde es expuesta a la luz solar. A medida que el IAF aumenta, será mayor la cantidad de luz interceptada y la tasa de crecimiento (Horrocks y Vallentine, 1999). La acumulación de MS está relacionada directamente con el IAF, es decir, que a más IAF se presenta mayor intercepción de luz y, por tanto, mayor rendimiento (Villegas, 2002). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de trébol blanco en asociación con Ballico perenne para la alimentación de rumiantes.

Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' de LN y 98° 53' de LO, a una altitud de 2,240 m, con clima templado sub-húmedo, verano fresco largo y lluvioso, y una precipitación promedio





anual de 645 mm, con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5%; la temperatura media anual es de 15°C. La temperatura media del mes más frío oscila entre -3 y 18°C y la temperatura del mes más caliente es mayor a 10°C, ubicado en poca oscilación térmica y con clima Cw (García, 2004).

El estudio tuvo una duración de siete semanas (octubre a noviembre). El área experimental se conformó de tres parcelas de aproximadamente 9x7 m, las cuales fueron regadas cada 15 días. Se calculó rendimiento del forraje (RF), tasa de crecimiento (TC), composición botánica y morfológica, relación hoja-tallo (H/T), altura de la planta (AP) y área foliar (AF).

Rendimiento de forraje (RF)

En cada parcela se determinó el rendimiento de forraje por corte, utilizando dos cuadros de 0.25 m² por repetición. Se cosechó el forraje presente dentro de cada cuadro, se depositó en bolsas de papel etiquetadas, se registró el peso en fresco, se expuso a un proceso de secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55°C durante 72 h. Una vez seca la muestra de forraje, se registró en peso seco, para determinar el rendimiento por unidad de superficie (kg de MS/ha).

Tasa de crecimiento (TC)

Se calculó utilizando los datos de peso seco de cada corte, convirtiéndose después a rendimiento por hectárea y conociendo el intervalo entre cortes; así, la tasa de crecimiento se calculó con la siguiente fórmula: $TC = FC/T$

Dónde: TC = Tasa de crecimiento (kg de MS/ha/d).

FC = Forraje cosechado (kg de MS/ha).

T = Días transcurridos entre un corte y el siguiente.

Composición botánica y morfológica (CBM)

De cada una de las muestras de forraje cosechado, se tomó una submuestra de aproximadamente 200 g y se separó en trébol blanco y Ballico perenne y malezas, para así determinar la composición botánica. El pasto Ballico perenne y el trébol blanco se separaron en sus componentes morfológicos (hojas, tallos, material muerto y flor). Cada componente se





secó por separado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55°C durante 72 h y se obtuvo el peso seco.

Relación hoja-tallo (H/T)

Los datos originados a partir de la composición morfológica sirvieron para calcular la relación hoja-tallo. La relación hoja-tallo se obtuvo con la siguiente fórmula: $R:H/T = H/T$

Dónde: R:H/T= Relación hoja-tallo.

H= Peso seco de la hoja (kg de MS/ha).

T= Peso seco de tallo (kg de MS/ha).

Altura de la planta (AP)

Se midió al tomar 10 lecturas al azar en cada repetición. Para ello se utilizó un plato y una regla graduada de 100 cm de longitud, la cual se colocó al azar en las parcelas, de forma que la parte inferior de la regla graduada (0 cm) quedara al nivel de suelo. Posteriormente, un dispositivo con el que cuenta la regla, se colocaba de manera vertical arriba del dosel vegetal y se deslizó hacia abajo, hasta que éste tocó algún componente morfológico y se registró la altura. Adicionalmente, se tomó una lectura dentro de cada cuadro fijo, por repetición, y con estos datos y los de rendimiento por cuadro se obtuvo la ecuación de regresión para estimar rendimiento a partir de la altura de la planta.

Área foliar (AF)

Para estas lecturas se separaron las hojas de los tallos y se colocaron en un integrador de área foliar marca CID, Inc, modelo CI-202 de escáner, de donde se obtuvieron las lecturas en dm^2 por planta.

Análisis de datos

Se realizó el análisis de datos mediante el uso del programa Microsoft Excel y PROC GLM de SAS, para determinar tendencias; las diferencias entre las especies se determinaron con la prueba de Tukey.



Resultados y discusión

Rendimiento de forraje

Se observó que el rendimiento total se incrementó a través del tiempo con un rendimiento inicial de 1,300 kg de MS/ha y final de 5,600 kg de MS/ha (Figura 1). Esto probablemente se debió a que al inicio del muestreo se presentaron las temperaturas más altas, que favorecieron el desarrollo vegetal (Muslera y Ratera, 1991).

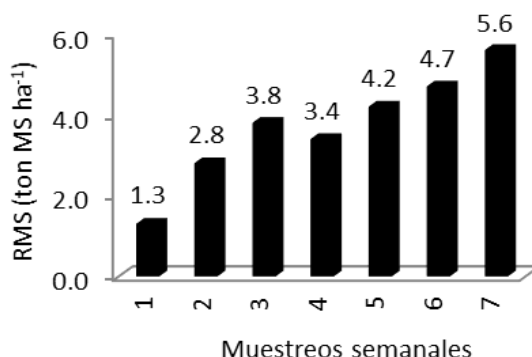


Figura 1. Cambios en el rendimiento de forraje en una pradera de trébol blanco en asociación con Ballico perenne.

Tasa de crecimiento (TC)

La TC tuvo un comportamiento similar al rendimiento de forraje total; se incrementó conforme los muestreos avanzaron en el tiempo; la más baja TC fue al inicio del estudio y la mayor al final del estudio (Figura 2). Se puede argumentar que las TC aumentan conforme se presentan las temperaturas óptimas para el crecimiento de las especies deseadas (Figueroa *et al.*, 2004).

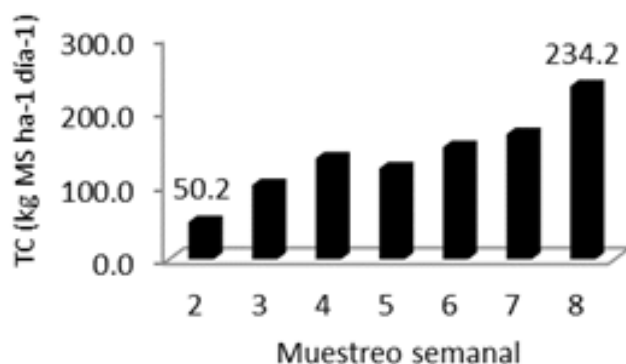


Figura 2. Cambios en la TC (kg de MS/ha/d) en una pradera de trébol blanco en asociación con Ballico perenne.



Composición botánica y morfológica (CBM)

Para el rendimiento total de forraje, el trébol blanco contribuyó con un 62%, M.M con 27%, las malezas con 7% y el que menos aportó fue el pasto Ballico perenne con 4%, en promedio a lo largo del estudio (Figura 3). La especie dominante durante el periodo de estudio fue el trébol blanco, debido al hábito de crecimiento estolonífero, en comparación con las especies erectas como el Ballico perenne (Hodgson, 1990).

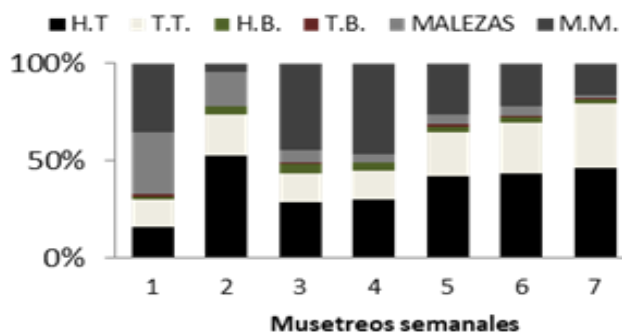


Figura 3. Cambios en la CBM (%) en una pradera de trébol blanco en asociación con Ballico perenne.

Relación hoja: tallo (H/T)

El trébol blanco registró mayor promedio en la relación H/T (1.7) en comparación con el Ballico perenne en el periodo de estudio. Dentro de los muestreos, independientemente de la especie, valores mayores se presentaron en el tercer y cuarto muestreo (Figura 4).

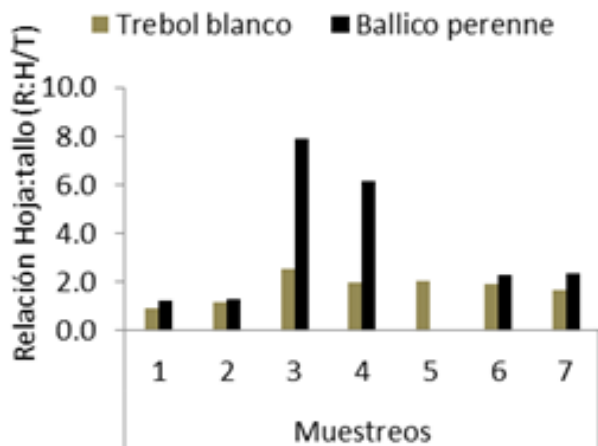


Figura 4. Cambio en la relación hoja-tallo en praderas de trébol blanco en asociación con el pasto Ballico perenne.





Área foliar

El mayor promedio en área foliar por tallo lo registró la especie trébol blanco con 753.8 cm². En contraste, el Ballico perenne obtuvo el menor promedio con 60.1 cm²; de esta manera, el área foliar por tallo se vio incrementada conforme avanzaron los muestreos (Figura 5). Pérez *et al.* (2002) mencionan que el área foliar es una de las principales variables que afectan el crecimiento por favorecer cambios en la actividad fotosintética.

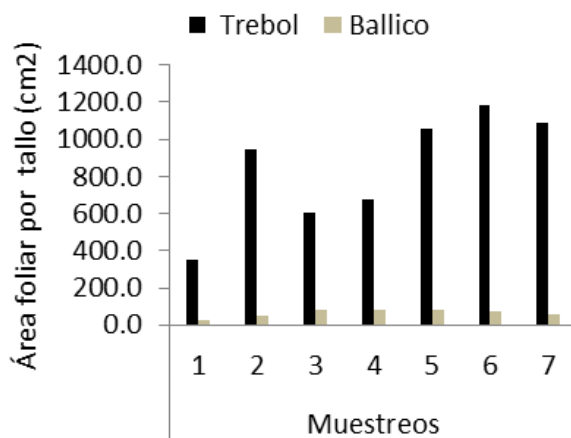


Figura 5. Cambios en el área foliar (cm²) por tallo en una pradera de trébol blanco en asociación con Ballico perenne.

Altura

La altura de las plantas tuvo un comportamiento irregular (método de la regla); de la semana 1 a la 3, se presentó un incremento, pero en la semana 4 descendió y posteriormente volvió a incrementar hasta la semana 7. Para el caso del método del plato, el comportamiento fue más irregular. La mayor altura registrada se encontró con el método de la regla (Figura 6).

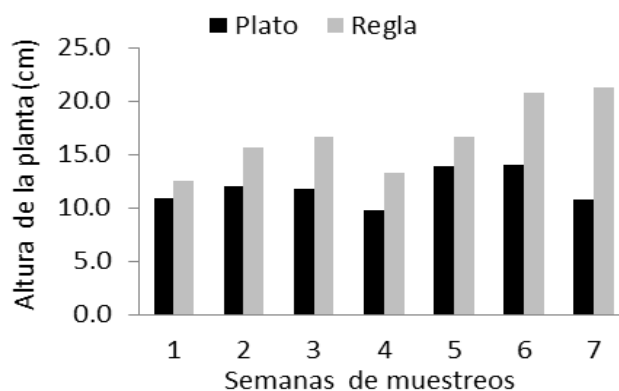


Figura 6. Cambios en la altura (cm) en una pradera de trébol blanco en asociación con Ballico perenne, mediante el método de la regla y el plato.





De acuerdo a Castillo *et al.* (2009), la altura de la planta tiene relación positiva con la cantidad de forraje producido por la pradera, y el rendimiento de materia seca se puede estimar a partir de la altura medida antes del pastoreo.

Conclusiones

El trébol blanco es la especie forrajera que más aporta al rendimiento total de materia seca en una pradera asociada trébol blanco-Ballico perenne. El rendimiento total de MS, TC, relación H/T, altura y área foliar por tallo, tuvieron una tendencia a incrementarse semanalmente.

Literatura citada

- Berroterán, L. J. y L. García. 1986. Crecimiento y producción de biomasa de *Andropogon gayanus* Kunth en el periodo de establecimiento en sabanas de Venezuela. *Pasturas Tropicales* 8(3):1-8.
- Castillo, G. E., B. Valles D. y J. Jarillo R. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Tec. Pecu. Mex.* 47(1):79-92.
- Chacón, M. E. y G. Sarmiento. 1995. Dinámica del crecimiento y producción primaria de gramínea forrajera tropical, *Panicum máximum* (tipo común), ante diferentes frecuencias de corte. *Turrialba* 45(1-2): 8-18.
- Cuadrado, C. H., L. Torregrosa S. y N. Jiménez M. 2004. Comparación bajo pastoreo con bovinos machos de ceba de cuatro especies de gramíneas del género *Brachiaria*. *Revista MVZ Córdoba.* 9(2):438-443.
- Figuroa, J. A., S. Castro A., P. Marquet A. and F. Jaksic M. 2004 Exotic plant invasions to the Mediterranean region of Chile: causes, history and impacts. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:465-483.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México. 91 p.





- Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into Practice. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.
- Horrocks, R. D. and J. Vallentine F. 1999. Harvested Forages. Academic Press. Oval Road, London. United States of America. 426 p.
- Muslera, P. E y G. Ratera C. 1991. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Olivera, Y. M., R. Pozo., P. Ramírez P y Olivares J. 2008. Persistencia del pastizal en una colección de *Brachiaria* spp. en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes* 31(4):290-295.
- Pérez, B. M. T., A. Hernández G., J. Pérez P., J. G. Herrera H. y R. Bárcena G. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del pasto ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Téc Pecu Méx.* 40:251-263.
- Rodríguez, A.G., R. Patiño P., L. Altahona B. y J. Gil B. 2011. Dinámica de crecimiento de pasturas con manejo rotacional en diferentes topografías en un sistema de producción de carne vacuno en Córdoba, Colombia. *Rev. Col. Cienc. Anim.* 3(1):47-61.
- Villegas, A. Y. 2002. Análisis de crecimiento estacional y componentes del rendimiento de cuatro variedades de alfalfa. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Texcoco, Estado de México. 91 p.





FRACCIONES FERMENTABLES *In vitro* DE ESTRELLA AFRICANA EN BECERROS BAJO CRIANZA ARTIFICIAL ALIMENTADOS CON LACTOSUERO

María Guadalupe Cruz Bárcenas^{136*}, René Pinto Ruiz¹³⁶, Adalberto Hernández López¹³⁶, Deb Raj Aryal¹³⁶, José A. Venegas Venegas¹³⁶, Eugenia Barrientos Niño¹³⁶ y David Hernández Sánchez¹³⁷

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del uso de lactosuero como reemplazo de leche en la alimentación de becerros en crianza artificial sobre las fracciones fermentables *in vitro* del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*). Se utilizaron 9 becerros de la raza Jersey (donadores de líquido ruminal) de cinco a siete días de edad, previamente alimentados con calostro, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos; T1: 4 L de leche entera + concentrado + heno; T2: 4 L de lactosuero fresco enriquecido con 125 g de Lactocria Plus® por cada litro + concentrado + heno; y T3: 4 L de lactosuero fresco + concentrado + heno, con tres repeticiones por tratamiento. Como tratamiento testigo se utilizó líquido ruminal de tres toretes de un año de edad, que pastorearon en praderas de pasto *C. nlemfluensis*. Los animales tuvieron acceso *ad libitum* al concentrado, heno molido de *Cynodon nlemfluensis* y agua. El experimento tuvo una duración de 90 días. Se determinaron las fracciones fermentables del pasto *C. nlemfluensis* usando la técnica de producción de gas *in vitro*. Las variables de respuesta fueron transformadas a fracciones (g/kg) de rápida (FR), media (FM) y lenta (FL) fermentación mediante las siguientes ecuaciones de regresión: FR (g/kg) = $Vf_{0-8} / 0.4266$ ($R^2 = 0.9441$), FM (mg/g) = $Vf_{8-24} / 0.6152$ ($R^2 = 0.998$) y FL (mg/g) = $Vf_{24-72} / 0.3453$ ($R^2 = 0.9653$), las cuales fueron analizadas a través de un diseño experimental completamente al azar y los resultados se sometieron a un análisis de varianza con el procedimiento GLM. Las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey. El uso de lactosuero en la crianza artificial de becerros no afecta las

¹³⁶Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo. Área terminal rumiantes. Cuerpo Académico de Agroforestería Pecuaria. Apdo. Postal 78, Villaflores, Chiapas, 30470, México.

¹³⁷ Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México

* lupitabarcanas0712@hotmail.com





fracciones de fermentación *in vitro* del *C. nlemfluensis* utilizado en la estrategia de alimentación, logrando valores similares a un rumiante adulto a los 90 días de edad.

Palabras clave: lactosuero, fracciones fermentables, becerras, *Cynodon nlemfluensis*

Introducción

En los sistemas de crianza artificial existen diversas estrategias de alimentación que contribuyen a alcanzar los fundamentos de cualquier sistema de crianza, en las cuales el uso de leche, concentrados y pastos es importante. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, el uso de leche podría ser de interés comercial, por lo que sería necesario reemplazarla. En ese sentido, existen trabajos donde se utiliza el lactosuero fresco como reemplazante de leche con resultados prometedores, sin embargo, se desconoce si este cambio podría ocasionar cambios o alteraciones en los procesos seguidos para mejorar el desarrollo anatómico y fisiológico del rumen del animal en crecimiento, ya que uno de los factores que inciden en el desarrollo de este compartimento son, además de la edad y tipo de alimentación, el nivel de leche. Una de las formas para medir dicho desarrollo podría ser la habilidad del pre-rumiante para digerir pasto. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de lactosuero como reemplazo de leche en la alimentación de becerros en crianza artificial sobre la producción de fracciones fermentables *in vitro* del pasto Estrella africana.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V, de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicada en el municipio de Villaflores. El clima de la región es cálido subhúmedo, con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 1,100 mm y una temperatura media anual de 25°C (INEGI, 2014). Se utilizaron 9 becerros de la raza Jersey de cinco a siete días de edad, previamente alimentados con calostro, los cuales fueron alojados en becerrerías individuales, equipadas





con comedero y bebedero, durante 90 días y tuvieron acceso *ad libitum* al concentrado (25% de proteína cruda), heno molido de *Cynodon nlemfluensis* y agua, mientras que la dieta líquida (4 L) fue ofrecida diariamente en dos tomas (07:00 y 16:00 h). Los animales (donadores de líquido ruminal) fueron distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos (T1: leche entera + concentrado + heno; T2: lactosuero fresco enriquecido + concentrado + heno; y T3: lactosuero fresco obtenido el mismo día de ofrecerlo + concentrado + heno), con tres repeticiones por tratamiento, considerando el líquido ruminal de cada becerro como repetición (Williams, 2000). El lactosuero enriquecido se preparó diluyendo 125 g de Lactocria Plus® por cada litro de lactosuero fresco. Como tratamiento testigo se utilizó líquido ruminal de tres toretes de un año de edad, que pastorearon en praderas de pasto *C. nlemfluensis*. El primer muestreo se realizó a los 30 días después de iniciar el experimento y el segundo a los 90 días. Se determinaron las fracciones fermentables del pasto *C. nlemfluensis* usando la técnica de producción de gas *in vitro* descrita por Menke y Steigass (1988), para lo cual se usaron frascos color ámbar de 125 mL a los que se les colocó 0.5 g de MS de pasto *C. nlemfluensis*. Posteriormente y bajo un flujo continuo de CO₂, a cada frasco se le agregó 90 mL de inóculo ruminal diluido (1:10) de cada tratamiento y se adicionó en una proporción de 1:9 a una solución mineral reducida compuesta de K₂HPO₄ (0.45 g/L), KH₂PO₄ (0.45 g/L), NaCO₃ (0.6 g/L), (NH₄)₂SO₄ (0.45 g/L), NaCl (0.9 g/L), MnSO₄ (0.18 g/L), CaCl₂ (0.12 g/L), L-cisteína (0.25 g/L) y Na₂S (0.25 g/L). Se incluyeron tres frascos blancos sin sustrato, se cerraron herméticamente con un tapón de goma y un aro de aluminio. El exceso de CO₂ de cada frasco se extrajo con el manómetro para igualar la presión a cero y se incubaron en baño María a 39°C. La presión de gas de fermentación se midió con el manómetro (0 a 1 kg/cm²) a 72 h de incubación. Los valores de presión (kg/cm²) se transformaron a volumen de gas (mL/g de sustrato) con la ecuación de regresión (volumen= presión/0.019). Se analizó el volumen fraccional del gas, se determinó el volumen fraccional (Va) de 0 a 8, 8 a 24 y 24 a 72 h. Se calcularon las fracciones fermentables de gas para los intervalos de tiempo de 0 a 8 (Vf₀₋₈), 8 a 24 (Vf₈₋₂₄) y 24 a 48 h (Vf₂₄₋₄₈) de incubación. Estos volúmenes fraccionales (mL/g) fueron transformados a fracciones (g/kg) de rápida (FR), media (FM) y lenta (FL) fermentación mediante las siguientes ecuaciones de regresión: FR (g/kg)= Vf₀₋₈ / 0.4266 (R²= 0.9441), FM (mg/g)= Vf₈₋₂₄ / 0.6152 (R²= 0.998) y FL (mg/g)= Vf₂₄₋₇₂ / 0.3453 (R²= 0.9653) (Miranda *et al.*, 2015). Se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS,





2004). Las variables de respuesta fueron analizadas a través de un diseño experimental completamente al azar y los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM (SAS, 2004). Las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las fracciones de fermentación rápida (azúcares y oligosacáridos solubles), media (oligosacáridos de reserva) y lenta fermentación (polisacáridos de la pared celular como celulosa y hemicelulosa) (0 a 8, 8 a 24 y 24 a 72 h), así como la fracción total (72 h) de pasto Estrella (*C. nlemfluensis*) utilizando líquido ruminal (LR) de becerros Jersey de 30 días de edad alimentados con lactosuero. La fracción de rápida fermentación (FR) fue igual ($P > 0.05$) entre tratamientos y el testigo. Sin embargo, las fracciones de fermentación media y lenta del pasto Estrella fueron inferiores ($P < 0.05$) cuando se incubó con líquido ruminal de animales alimentados con las diferentes estrategias de alimentación (T1, T2 y T3), en comparación con el testigo, por lo tanto, la fracción total (FT) fue superior para el grupo testigo (FT= 2598.9 g/kg), pero entre los T1, T2 y T3 no se encontraron diferencias (FT= 441.00, 508.9 y 498.4 g/kg, respectivamente) (Figura 1).

Cuadro 1. Fracciones fermentables a 72 h de incubación *in vitro* de *C. nlemfluensis* en becerros Jersey de 30 días de edad alimentados con lactosuero.

Tratamiento	Fracciones fermentables (g/kg)			
	FR	FM	FL	FT
Testigo	126.31a	351.47a	2,121.2a	2,598.9a
T1	88.70a	81.63b	270.7b	441.0b
T2	120.43a	107.00b	281.4b	508.9b
T3	136.40a	104.46b	257.6b	498.4b
EEM	12.41	34.99	243.8	281.4

Medias con literal distinta en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$). FR: fracción de rápida fermentación; FM: fracción de media fermentación; FL: fracción de lenta fermentación; FT: fracción total; T1: leche entera + concentrado + heno; T2: lactosuero fresco enriquecido + concentrado + heno; T3: lactosuero fresco + concentrado + heno; EEM: error estándar de la media



No se encontraron diferencias en FR entre el grupo testigo y los tratamientos evaluados, esto posiblemente se deba a que los animales donadores de líquido ruminal alimentados con las diferentes dietas (T1, T2 y T3) estaban adaptados al aprovechamiento de los azúcares y oligosacáridos solubles (Garzón, 2007), ya que tanto la leche como el lactosuero poseen azúcares (lactosa). Las diferencias encontradas en FM y FL sugieren que el rumen de los becerros donantes de líquido ruminal aún se encuentra en proceso temprano de desarrollo anatómico, fisiológico y funcional, por lo que existe poca digestión ruminal de almidón, celulosa y de hemicelulosa (Anderson *et al.*, 1987). Al respecto, Flores *et al.* (2006) mencionan que en becerros prerumiantes existe poca o nula digestión de paredes celulares, debido a la baja presencia de enzimas celulasas y xilanasas producidas por bacterias, protozoarios y hongos ruminales, las cuales permiten la fermentación de los alimentos consumidos.

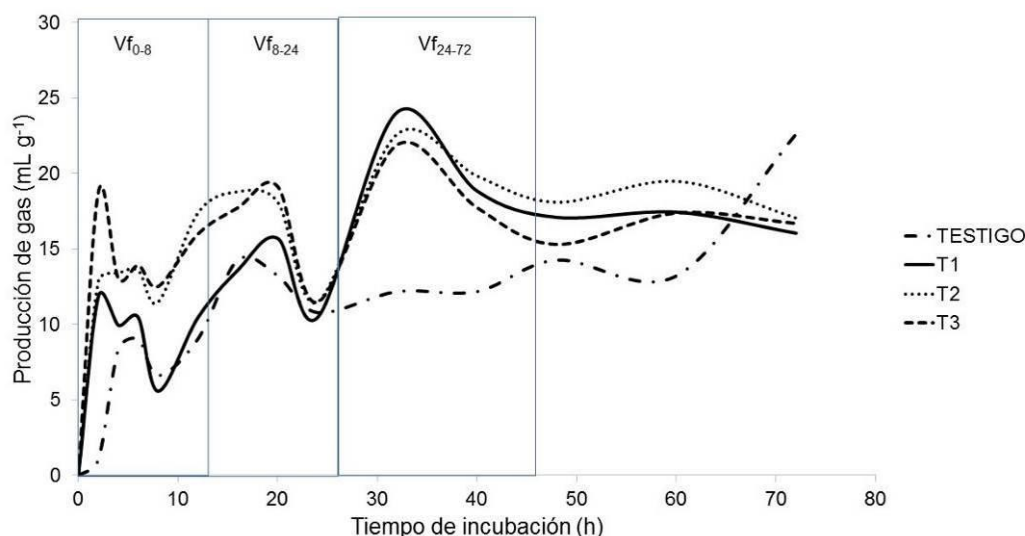


Figura 1. Volumen de gas por la fermentación *in vitro* de *C. nlefluensis* en becerros Jersey de 30 días de edad alimentados con lactosuero durante su fase de crianza artificial.

Vf0-8, Vf8-24 y Vf24-72 son los volúmenes fraccionales de gas de 0 a 8, de 8 a 24 y de 24 a 72 h de incubación, respectivamente. T1: leche entera + concentrado + heno; T2: lactosuero fresco enriquecido + concentrado + heno; T3: lactosuero fresco + concentrado + heno.

Por otro lado, Sidney y Huber (1988) señalan que, en la crianza artificial de becerros menores de 30 días de edad, es necesaria una dieta líquida hasta progresar a un punto donde los animales se convierten en rumiantes funcionales y pueden utilizar rumen, retículo y



omaso para ingerir forrajes y otros alimentos. Alonso *et al.* (2017) señalan que el desarrollo ruminal de becerros en crianza artificial está relacionado estrechamente con el tipo, cantidad y calidad del alimento ofrecido, tanto de la dieta líquida (lácteo o subproducto lácteo) como de la dieta sólida (heno o concentrado). En el Cuadro 2 se presentan las fracciones fermentables *in vitro* de *C. nlemfluensis* a 72 h de incubación utilizando líquido ruminal de becerros Jersey de 90 días de edad alimentados con lactosuero. Se observa que al usar LR de animales alimentados con T3 se presentaron las mayores ($P < 0.05$) FR, FM y FL (FR= 307.53, FM= 584.35, FL= 3076.1 g/kg, respectivamente), mientras que las fracciones del grupo testigo fueron menores (FR=126.3, FM= 351.47 y FL= 2121.2 g/kg). El T1 y T2 fueron similares al T3 y el grupo testigo (Figura 2). La FT tuvo un comportamiento similar a fracciones de fermentación, siendo superior T3 (3968.0 g/kg), seguido del grupo testigo (2598.9 g/kg).

Cuadro 2. Fracciones fermentables a 72 h de incubación *in vitro* de *C. nlemfluensis* en becerros Jersey de 90 días de edad alimentados con lactosuero.

Tratamiento	Fracciones Fermentables (g/kg)			
	FR	FM	FL	FT
Testigo	126.31b	351.47b	2,121.2b	2,598.9b
T1	247.78ab	519.92ab	2,787.9ab	3,555.6ab
T2	253.63ab	524.21ab	2,808.9ab	3,586.7ab
T3	307.53a	584.35a	3,076.1a	3,968.0a
EEM	25.05	32.47	127.8	184.3

Medias con literal distinta en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$). FR: fracción de rápida fermentación; FM: fracción de media fermentación; FL: fracción de lenta fermentación; FT: fracción total; T1: leche entera + concentrado + heno; T2: lactosuero fresco enriquecido + concentrado+ heno; T3: lactosuero fresco + concentrado + heno; EEM: error estándar de la media.

Las fracciones de fermentación obtenidas en este trabajo indican que los becerros con una edad de 90 días, alimentados lactosuero, pueden aprovechar los oligosacáridos de reserva como el almidón, así como los polisacáridos de la pared celular (celulosa y hemicelulosa), lo que sugiere que los becerros tienen desarrollados los compartimentos digestivos y una correcta actividad microbiana (Plaza *et al.*, 2011). Por otro lado, Ghezzi *et al.* (2000) señalan que la calidad de los sustitutos lácteos podría afectar el desarrollo de los compartimientos del estómago, sin embargo, bajo las condiciones que en se llevó a cabo este trabajo, sustituir a la leche por lactosuero podría ser una opción en las zonas ganaderas, lo que permitirá



disminuir costos en la alimentación y generar mayores ganancias por la comercialización de leche.

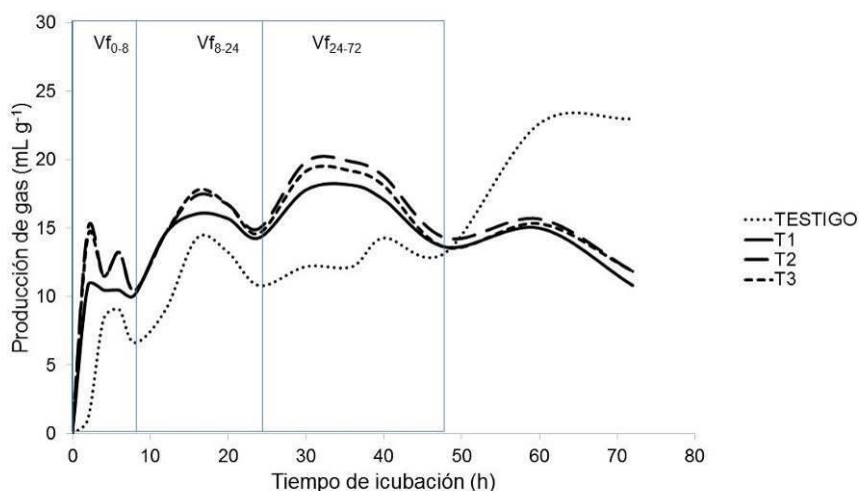


Figura 2. Volumen de gas por la fermentación *in vitro* de *C. nlemluensis* en becerros Jersey de 90 días de edad alimentados con lactosuero durante su fase de crianza artificial.

Vf0-8, Vf8-24 y Vf24-72 son los volúmenes fraccionales de gas de 0 a 8, de 8 a 24 y de 24 a 72 h de incubación, respectivamente. T1: leche entera + concentrado + heno; T2: lactosuero fresco enriquecido + concentrado + heno; T3: lactosuero fresco + concentrado + heno.

Conclusiones

1.- El uso de lactosuero en la crianza artificial de becerros no afecta las fracciones de fermentación *in vitro* de *C. nlemluensis* utilizado en la estrategia de alimentación, logrando valores similares a un rumiante adulto a los 90 días de edad.

Literatura Citada

Alonso, V., A. C. Ybalma P. and R. Franco R. A. 2017. Efecto del empleo de raciones integrales en la conducta de terneros. CIGET 19(1):51-65.





- Anderson, K. L., T. G. Naranja, J. L. Morril, T. B. Avery, S. J. Galitzer and J. E. Boyer. 1987. Ruminant microbial development in conventionally or early weaned calves. 64:1215-1226.
- Flores, M. R., F. Guerrero y M. Romano J. 2006. Respuesta productiva de becerros Holstein alimentados con alfalfa de diferente calidad y enzimas fibrolíticas en la etapa pre y pos destete. *Téc. Pecu. Méx.* 44: (3) 313-328.
- Garzón, Q. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507>. [Consultado el 26 de junio de 2018].
- Ghezzi, M., D. Lupidio M., C. Castro A., N. C. Gómez S., A. Bilbao G. y N. Landi H. G. 2000. Desarrollo morfológico del estómago en terneros alimentados con dos sustitutos lácteos. *Rev.* <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-98682000000100003> [Consultado el 27 de junio de 2018].
- INEGI Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2014. Marco Geoestadístico, versión 3.1, Frailesca, Chiapas.
- Plaza, J., R. Ibalmea y Y. Martínez. 2011. Niveles de harina de forraje en raciones integrales para terneros. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 45(1):21-24. [Consultado el 26 de junio de 2018].
- Menke, K. H. and H. Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Rural Develop.* 28:7.
- Miranda, R. L., A. L. Sandoval G. y R. Y. Améndola M. 2015. Producción de gas como método para estimar in vitro la concentración de carbohidratos fermentables en rumen. In memorias del XXIV Congreso Asociación Latinoamericana de producción animal Puerto Varas, Chile, 9 al 13 de noviembre de 2015. Hotel Patagónico. P. 474.
- SAS. 2004. SAS User's Guide: Statistics. Ver. 9.2. SAS Institute. Cary, N.C. 5180 p.
- Sidney, J. L. Jr. y J. T. Huber. 1988. Digestión, metabolismo y necesidades nutritivas en pre-rumiantes. En: Church DC editor. *El Rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. España: Ed. Acribia. Pp. 459-481.
- Williams, B. A. 2000. Cumulative gas production techniques for forage evaluation. In: Givens D. I., Owen E., Omed H. M. and Axford R. F. E. (editors). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford (UK). CAB International. 47 Pp.





INHIBIDORES DE HIDROXIMETIL GLUTARIL COENZIMA A EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y MICROBIOLÓGICO DE OVINOS

Marcos Pérez Sato^{138*}, Estephany Andrade Oyarzabal¹³⁸, Guillermo Eutiquio Soni¹³⁸, Numa Pompilio Castro González¹³⁸ y Esmeralda Ramírez Llaguno¹³⁹

Resumen

Se evaluó el efecto de la utilización de inhibidores de HMG – CoA en la respuesta productiva, fermentación ruminal y población de microorganismos de 20 borregos cruza Katahdin – Pelibuey con un peso promedio inicial de 20 kg, los cuales se distribuyeron en jaulas con comederos y bebederos individuales. Los tratamientos (T) experimentales fueron: T1 con 0 mg de mevastatin y T2 con 20 mg de mevastatin. Las variables respuesta se analizaron estadísticamente utilizando una prueba T-Student para muestras independientes. Para estimar la concentración de protozoarios ruminales se utilizó la Cámara de Neubauer. El consumo de alimento mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) (1.05 vs 1.01 kg), en cuanto a la ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) no existieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (0.279 vs 0.270) vs (5.45 vs 5.51), respectivamente. En las variables ruminales el pH (6.11 vs 6.32) y la concentración de protozoarios (12.15 vs 11.44×10^5) no presentaron diferencias significativas.

Palabras clave: Bacteria, rumen, HMG-CoA

Introducción

A nivel mundial las actividades humanas han aumentado considerablemente la concentración de gases con efecto invernadero en la atmosfera, como son dióxido de carbono (CO_2),

¹³⁸ Facultad de Ingeniería Agrohidráulica – PE de Ingeniería Agronómica y Zootecnia – BUAP. marcos.perez@correo.buap.mx

¹³⁹ Estudiante de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica – PE de Ingeniería Agronómica y Zootecnia – BUAP.





metano (CH_4), óxido nítrico (NO_2), hidrofluorcarbonados (HFC), perfluorcarbonados (PFC) y hexafluoruro azufrado (SF_6), lo que está causando un calentamiento global. Los gases efecto invernadero (GEI) emitidos por la actividad agropecuaria son el CO_2 , CH_4 y el N_2O (Agriculture and Rural Development of Alberta Canada, 2005).

El CH_4 es un GEI que además de acumularse, provoca calentamiento en la superficie terrestre, produce la destrucción de la capa de ozono a nivel de la atmósfera. Aunque el CH_4 es el segundo GEI en volumen de producción, después del dióxido de carbono, posee un potencial en el calentamiento 21 a 31 veces mayor que el CO_2 (McCaughey *et al.*, 1997). La producción pecuaria contribuye ampliamente con las emisiones antropogénicas de CH_4 a la atmósfera. McCaughey *et al.* (1997) y Moss *et al.* (2000) indican que los animales domésticos, principalmente los rumiantes, son los responsables aproximadamente el 15% la producción global de CH_4 .

Además del efecto invernadero asociado a las metanogénesis ruminal, el CH_4 representa una pérdida energética considerable para el animal. Esto normalmente representa de 5.5 a 6.6% del total de la energía consumida en la dieta (McCaughey *et al.*, 1997), aunque también se ha reportado que, en animales de pastoreo, se tiene una pérdida energética del 12% y cuando el forraje es de mala calidad puede llegar hasta 18% (Carmona *et al.*, 2005).

Por lo cual se han realizado diversas investigaciones enfocadas a reducir la producción de metano por los rumiantes, tales como la adición de ionóforos (monensina y lasalocida) y ácidos grasos insaturados (Asanuma *et al.*, 1999). Sin embargo, los resultados obtenidos no han sido muy consistentes, por lo que una alternativa es la utilización de compuestos altamente reductores, como el fumarato de sodio que compite por los hidrógenos disponibles en el medio y con la captura de estos se forma succinato, que es el precursor de propionato. Otra alternativa es la inhibición del crecimiento de bacterias productoras de metano por la adición de inhibidores de hidroximetilglutaril-CoA reductasa, que es una enzima que interviene en la síntesis de isoprenoides (Miller y Wollin, 2001), considerados componentes importantes en la membrana lipídica de arqueas metanogénicas.

Por todo lo anterior el objetivo de esta investigación es la utilización de inhibidores de HMG-CoA con la finalidad de tener alternativas que ayuden hacer más eficiente el uso de la energía consumida por los rumiantes, durante el proceso de fermentación y de esta manera,





mejorar la producción de carne o leche, además de reducir la acumulación de metano en la atmosfera.

Materiales y métodos

Localización geográfica

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica, del Programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual se ubica en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, que se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla, sus coordenadas son los paralelos 19°36' 24" y 20° 03' 18" de latitud norte y los meridianos 97°14' 42" y 97° 28' 06" de longitud occidental. Al Norte: con Cuetzálan del Progreso, al este: con Chignautla, Atempán y Yaonáhuac, al sur: con Cuyuaco y al oeste: con Zautla, Zaragoza y Zacapoaxtla (INEGI, 2008).

Establecimiento del experimento

Animales

Se usaron 20 ovinos cruza de Katahdin-Pelibuey, con un peso promedio de 20 kg. Los animales, se desparasitaron y vitaminaron (ADE) antes de iniciar el experimento. Fueron identificados, y sometidos a un periodo de adaptación (10 d), se alojaron en jaulas con comederos y bebederos individuales.

Dietas

La dieta se formuló con el programa computacional Used Feed Formulation Done Again, UFFDA (Petsi y Millar, 1995), para ovinos con un peso promedio inicial de 20-25 kg y con una ganancia diaria de peso esperada de 250 g, de acuerdo con los requerimientos nutritivos del NRC de ovinos (1985).





Tratamientos experimentales

Los tratamientos (T) fueron los siguientes:

T1 = 20 mg de mevastatin

T2 = Tratamiento testigo

Análisis estadístico

Las variables respuesta se analizaron estadísticamente utilizando una prueba de t-student para muestras independientes.

Variablas a evaluadas

- Consumo y rechazo de alimento
- Ganancia diaria de peso
- pH ruminal
- Concentración de protozoarios

Resultados y discusión

Consumo de materia seca

En el Cuadro 1 se observa el consumo de materia seca (CMS), los dos tratamientos fueron diferentes significativamente entre periodo y promedio ($p \leq 0.05$); siendo el T1 el que mayor consumo presentó (1.0574 vs 1.0179), estos resultados se explican probablemente a que las dietas con un mínimo de forraje, son digeridas rápidamente, por lo que aportan en un tiempo muy corto una cantidad importante de almidón, que es rápidamente fermentable en el rumen, favoreciendo la formación de ácido propiónico (más del 30%) y menos cantidad de ácido acético y butírico, contrario a lo que ocurriría con dietas a partir de forraje (De Arriba, 1988).

Existen también factores que afectan el paso del alimento, como son el tamaño de la partícula y gravedad específica, también están las características físicas de la dieta, rompimiento de las partículas; lo que indica que al utilizar forraje de baja calidad como los rastrojos, con bajo contenido de nitrógeno no proteico se incrementa la digestibilidad en el rumen y se obtiene un aumento en el paso de partícula, debido a la disminución de su





tamaño, sin embargo, la calidad de estos forrajes es mala repercutiendo posteriormente en las ganancias de peso.

Cuadro 1. Consumo de materia seca (CMS) de borregos cruza Katahdin-Pelibuey alimentados con y sin inhibidores HMG-CoA reductasa.

Periodo**	CMS (kg/d)				
	T1	*DE	T2	DE*	P*
1	0.9133	0.008	0.9638	0.0012	0.001
2	1.0055	0.0039	1.0332	0.0029	0.0001
3	1.135	0.008	1.1752	0.0009	0.0001
PROMEDIO	1.0179	0.0018	1.0574	0.0016	0.0001

**Periodos de 30 d; *DE=Desviación estándar; P=Valores <0.05 existe diferencia significativa.

Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso se observa en el Cuadro 2, en donde no existieron diferencias significativas entre los dos tratamientos, sin embargo, se observa que los animales del tratamiento uno en el primer periodo, presentaron una menor ganancia de peso debido posiblemente a una menor adaptación de estos animales y de los microorganismos ruminales a la dieta (Owens *et al.*, 1998). Por lo tanto, durante este tiempo, los borregos y la población de microorganismos del rumen se adaptaron adecuadamente a la dieta. En investigaciones donde se han utilizado dietas altas en grano en borregos no se observó un efecto significativo en cuanto a ganancia diaria de peso.

Cuadro 2. Ganancia diaria de peso (GDP) de borregos cruza Katahdin-Pelibuey alimentados con y sin inhibidores HMG-CoA reductasa.

Periodo**	GDP (g/d)				
	T1	*DE	T2	DE*	P*
1	241.33	0.0298	250.0	0.0911	0.1667
2	308.66	0.076	294.0	0.1211	0.6163
3	275.80	0.0509	277.77	0.0149	0.8546
PROMEDIO	275.26	0.0522	273.92	0.0759	0.5458

**Periodos de 30 d; *DE=Desviación estándar; P=Valores <0.05 existe diferencia significativa.





pH ruminal

Se considera que el pH es un factor determinante en las fluctuaciones de las poblaciones bacterianas y la mayoría de las bacterias tiene un buen desarrollo con un pH que oscila entre 6.2 y 7.0. (Sauvant *et al.*, 1994). Los valores de pH representados en el Cuadro 3, muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), se observa que los valores de pH se pueden considerar dentro del rango normal, ya que al observar que, en el segundo periodo, el pH fue inferior a 6.0 para los dos tratamientos (5.824 vs 5.7133) debido muy posiblemente que en el segundo periodo (60 d) el consumo fue mayor, por lo tanto, tuvieron un mayor número de carbohidratos solubles.

Cuadro 3. pH ruminal de borregos cruce Katahdin-Pelibuey alimentados con y sin inhibidores HMG-CoA reductasa.

Periodo**	pH ruminal				
	T1	*DE	T2	DE*	P*
1	6.40	0.6108	6.94	0.3876	0.2682
2	5.82	0.1288	5.71	0.208	0.2021
PROMEDIO	6.11	0.3698	6.32	0.2042	0.2351

**Periodos de 30 d; *DE=Desviación estándar; P=Valores < 0.05 existe diferencia significativa.

Protozoarios ruminales

Los resultados de la concentración de protozoarios (Cuadro 4) no fue afectada significativamente ($P > 0.05$) en los tratamientos. La importancia de los protozoarios es considerable si se toma en cuenta que representan entre el 40 y 50% de la biomasa microbiana en el rumen y tienen gran influencia en la producción de proteína bacteriana mediante la predación de bacterias y competición por substrato (Nolan, 1993). Al no existir diferencias significativas en los valores de pH y, además, estos están dentro del rango reportado por Nolan (1993) es lógico esperar que tampoco existieran diferencias significativas en las concentraciones de protozoarios.





Cuadro 4. Concentración de protozoarios de borregos cruza Katahdin-Pelibuey alimentados con y sin inhibidores HMG-CoA reductasa.

Concentración de protozoarios x 10 ⁴ mL ⁻¹					
Periodo**	T1	*DE	T2	DE*	P*
1	74.93	25.09	109.07	31.49	0.2160
2	168.08	72.69	119.9	121.74	0.4823
PROMEDIO	121.50	48.89	114.48	76.61	0.34915

**Periodos de 30 d; *DE=Desviación estándar; P=Valores <0.05 existe diferencia significativa.

Conclusiones

El efecto de la utilización de inhibidores de HMG-CoA en ovinos nos permite concluir:

- El CMS fue diferente significativamente entre el T1 y T2
- La GDP no fue diferentes significativamente
- El pH y la concentración de protozoarios y bacterias totales no fueron afectadas significativamente por la acción del inhibidor de HMG-CoA

Literatura citada

- Agriculture and Rural Development of Alberta Canada, 2005. Climate Change and Agriculture
In: [http://www1.agric. Gob.av.ca/\\$departament/deptdocs.nsf/all/cl9706](http://www1.agric.Gob.av.ca/$departament/deptdocs.nsf/all/cl9706). 55p.
- Asanuma, N., Iwamoto and T. Hino. 1999. Effects of addition of fumarate on methane production by ruminal microorganisms in vitro. J. Dairy Sci. 82: 780-787.
- Carmona, J.C., M. Bolívar, D. y L.A. Giraldo. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 18(1):49-63.
- De Arriba, C J 1988: Fisiología y Bioquímica de la Digestión en el rumiante. Edit. Oriente. Santiago de Cuba. p.12.
- INEGI. 2008. Cartas topográficas. <http://.inegi.gob.mx/geo/default.asp>
- NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. (5ta. Ed.). National Academic of Science. National Research Council, Washington, D.C. 99p.





- McCaughey W, Wittenberg K, Corrigan D. 1997, Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Can. J. An. Sc.* 79 (2): 221-226.
- Miller, L. T., and M. J. Wollin. 2001. Inhibition of growth of methane-producing bacteria of the ruminant forestomach by hidroxymethylglutaryl-SCoA reductasa inhibitors. *American Dairy Sci. Association.* 84:1445-1448.
- Moss AR, P. Jouany J., J. Newbold. 2000, Methane production by ruminants: its contribution to global warming. INRA. EDP Sciences. *Ann Zootech.* 49:231-253.
- Nolan, J. V. 1993. Nitrogen Kinetics. Quantitative Aspects of ruminant Digestion and metabolism. Forbes, J. M. and J. France (eds.). CAB International. Australia. pp: 123-143.
- Owens, F, N., D. S. Secrist., W. J. Hill and D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle. A review. *J. Anim. Sci.* 76: 275-286.
- Pesti, G. M. and B. R. Miller. 1993. *Animal Feed Formulation, Economics and Computer Applications.* An. AVI Book, Van Nostrand Reinhold. Georgia. USA. 320 p.
- Sauvant, D., P. Chapoutot, y H. Archimede. 1994. *INRA Prod. Anim.* 7:115-124.





INCLUSIÓN DE RAICILLA DE CEBADA EN DIETAS PARA BORREGOS

Marcos Pérez Sato^{140*}, Estephany Andrade Oyarzabal¹⁴⁰, Eutiquio Soni Guillermo¹⁴⁰, Numa Pompilio Castro González¹⁴⁰ y Luis Antonio Ávila Hernández¹⁴¹

Resumen

En la presente investigación se evaluó la inclusión de raicilla de cebada en dietas para ovinos en engorda. Se utilizaron 15 borregos machos Pelibuey x Katahdin, con un peso vivo promedio de 15 ± 3 kg. Antes de empezar el experimento, los animales fueron sometidos a una fase de adaptación de 10 días, fueron desparasitados y vitaminados. Los animales fueron distribuidos en jaulas metálicas individuales con agua y alimento a libre acceso. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar dividido en tres tratamientos: 0% (tratamiento 1), 15% (tratamiento 2) y 30% (tratamiento 3) de inclusión de raicilla de cebada. Los resultados de las variables productivas evaluadas fueron 807.50, 791.20 y 763.80 g/día para consumo diario de alimento, 236.74, 188.64 y 150.74 g/día para ganancia diaria de peso, y 3.62, 3.96 y 4.57 para conversión alimenticia, para los Tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. No hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$).

Palabras clave: ovinos, alimentación, engorda

Introducción

En las explotaciones intensivas, productoras de carne de ovino, es importante implementar una correcta planeación de las diferentes actividades zootécnicas, nutricionales, productivas y económicas. Lo anterior tiene una estrecha relación con la rentabilidad del negocio, ya que en México la producción intensiva de carne ovina ha presentado reducidos márgenes de

¹⁴⁰ Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, PE de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, BUAP.

¹⁴¹ Estudiante de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, PE de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, BUAP.

*marcos.perez@correo.buap.mx





utilidad económica, debido a que se han incrementado los costos de las materias primas requeridas para la formulación de las dietas, principalmente en los granos como el maíz y el sorgo, y oleaginosas como la pasta de soya, lo que ha traído como consecuencia mayores costos de producción y un menor margen de rentabilidad.

Es evidente la necesidad de buscar alternativas económicas y prácticas que permitan alimentar a ovinos logrando un mejor aprovechamiento del abundante recurso disponible en el sector agrícola e industrial (desechos agroindustriales); esto hace urgente el que se aprovechen al máximo este tipo de alimentos, así también se toma como una alternativa económica viable donde se incrementa la calidad y la cantidad del alimento a menor costo.

La raicilla de cebada o brote de malta es el resultado posterior a la germinación del grano de cebada (*Hordeum vulgare*). Este subproducto tiene características nutricionales muy interesantes, tanto para rumiantes y no rumiantes, como para vacas productoras de leche y becerros destetados y en engorda. En el uso de la raicilla como alimento para el ganado, el residuo seco se dispone y usa sin tratamiento para aplicarlo a la dieta de no rumiantes y rumiantes (Fernández-Mayer y Peralta, 2007). Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el comportamiento productivo con la alimentación de raicilla de cebada incluida en la dieta de borregos en engorda.

Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se realizó en el módulo de producción ovina de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica del Programa Educativo de Ingeniería Agronómica y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual se ubica en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, localizado al noreste del estado de Puebla. Sus coordenadas son: los paralelos 19°36'24" y 20°03'18" de latitud norte y los meridianos 97°14'42" y 97°28'06" de longitud occidental, a una altitud de 1930 m. Se utilizaron 15 borregos de pelo Pelibuey x Katahdin con un peso vivo promedio de 15 ± 3 kg. Antes de iniciar el experimento, los animales fueron sometidos a una fase de adaptación de 10 días, donde al mismo tiempo fueron vacunados, vitaminados y desparasitados; fueron alojados en jaulas individuales de 1.0 x 1.1 m, con libre acceso a agua y alimento. El total de los animales se distribuyó de





manera aleatoria en jaulas individuales, evaluándose tres tratamientos: 0% de raicilla, 15% de raicilla y 30% de raicilla de cebada, con cinco repeticiones cada tratamiento. La duración del experimento fue de 65 d. Las dietas (Cuadro 1) fueron formuladas para ovinos machos con un peso promedio de $15 \text{ kg} \pm 3 \text{ kg}$, de acuerdo con los requerimientos marcados por el NRC (1985).

Cuadro 1. Dietas experimentales.

Ingrediente (%)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Raicilla de cebada	0	15	30
Pasta de soya	8	0	0
Maíz molido	36	31	28
Sorgo entero	17	15.5	9.5
Sorgo molido	17	15.5	9.5
Alfalfa	15	16	18
Urea	1	1	0
Melaza	4	4	3
Minerales	2	2	2
Total	100	100	100

Las variables evaluadas fueron: consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. Las variables de respuesta se analizaron con un diseño completamente al azar. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Consumo diario de alimento

En el Cuadro 2, se observa el consumo diario de alimento, el cual no presenta diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos, ni en los diferentes periodos, así como tampoco en el promedio total (807.50, 791.20 y 763.80 g/día para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. El consumo de alimento, en los diferentes periodos, se mantuvo en los márgenes propuestos por el NRC (1985), que recomienda un consumo de 1000 g/día para el periodo de engorda. El tratamiento 3 contenía un porcentaje mayor de raicilla de cebada





(30%); este porcentaje no afectó la aceptabilidad del alimento, al no ser diferente al tratamiento 1, el cual contenía 0% de raicilla.

El consumo promedio de alimento fue similar a los encontrados por Aranda (2002), quien utilizó la raicilla ensilada en borregos Pelibuey, comparando consumos y respuestas productivas de cuatro diferentes niveles en la dieta: 25, 50, 75 y 96.5%, observando que los consumos de alimento promedio fueron de 800 a 1000 g/cordero/día.

Cuadro 2. Consumo diario de alimento (g) en borregos alimentados con raicilla de cebada.

Periodo*	Tratamiento			C.V
	1	2	3	
1	600.82	586.04	569.38	21.47
2	767.70	746.62	717.04	20.54
3	898.40	861.60	834.40	20.39
4	963.10	970.60	934.20	29.39
Promedio	807.50	791.20	763.80	20.38

*Cada periodo fue de 15 días. C.V.= Coeficiente de variación.

Ganancia diaria de peso

En el Cuadro 3, se puede observar que no hubo diferencia significativa entre tratamientos ni entre los diferentes periodos, así como tampoco se observó diferencia significativa en la ganancia diaria de peso promedio (236.74, 188.64 y 150.74 g).

En un experimento con ganado ovino de carne donde usó raicilla de cebada en la alimentación de borregos y observó ganancias de 200 g/día, en comparación al alimento convencional, llegando a un óptimo de inclusión de 15% en la dieta.

Las dietas de ovinos, basadas en pasta de soya de 8 a 20%, proporcionan ganancias diarias de peso de 175 a 200 g/día en etapa de engorda. Los tratamientos 2 y 3 con 0% de pasta de soya, no presentaron diferencia significativa en comparación al tratamiento 1 (8% de pasta de soya), lo anterior puede repercutir en los costos de producción del productor, si se considera que la proteína es uno de los ingredientes más caros en la dieta.





Cuadro 3. Ganancia diaria de peso (g) en borregos de engorda alimentados con raicilla de cebada.

Periodo*	Tratamiento			C.V.
	1	2	3	
1	159.96	166.62	107.08	22.01
2	235.98	191.98	189.28	21.67
3	313.30	167.96	139.98	28.73
4	237.73	227.98	166.64	23.76
Promedio	236.74	188.64	150.74	23.28

*cada periodo fue de 15 días; C.V.= Coeficiente de variación.

Conversión alimenticia

Castellanos (2004) menciona que para una engorda exitosa los corderos deben consumir en promedio entre 4 y 6 kg de alimento para ganar un kilogramo de peso vivo; esto significa una eficiencia alimenticia del 25 al 33% por cada kilogramo de alimento consumido. Si la dieta no está bien balanceada a las necesidades de los corderos, entonces la conversión alimenticia será de 8 a 10 kg de alimento por kilogramo de peso vivo ganado, esto significa un mayor gasto en alimentación y pone en riesgo el éxito económico de la engorda.

La conversión alimenticia es el resultado de la relación ganancia de peso entre el consumo de alimento (Cuadro 4), en el cual no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos y los diferentes periodos, así como tampoco se muestra diferencia entre promedios. La conversión alimenticia en la presente investigación está dentro de los parámetros que indica la literatura.

Cuadro 4. Conversión alimenticia en borregos de engorda alimentados con raicilla de cebada.

Periodo*	Tratamiento			C.V.
	1	2	3	
1	3.73	3.87	4.44	25.89
2	3.26	3.44	3.84	22.34
3	3.05	4.32	4.65	27.06
4	4.47	4.23	5.37	26.77
Promedio	3.62	3.96	4.57	13.91

*cada periodo fue de 15 días; C.V.= Coeficiente de variación.





Conclusiones

1.- La inclusión de 15 y 30% de raicilla de cebada en ovinos de engorda no afectó significativamente el consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, comparada con la dieta testigo. 2.- El uso de raicilla de cebada es un ingrediente muy adecuado para integrar a una dieta balanceada para borregos en engorda; la proporción de 15 y 30% de raicilla de cebada permitió cubrir los requerimientos de borregos en engorda; a estos resultados se agrega que las dietas resultaron bajas en costo. 3.- La raicilla de cebada es buena alternativa para alimentación de borregos, cumpliendo las expectativas, tanto productivas como económicas.

Literatura citada

- Aranda, B. V. M. 2002. Utilización de masilla ensilada para la alimentación de borregos Pelibuey. Edit. ITESM. Monterrey, N. L. 67 p.
- Castellanos, R. A. 2004. Suplementación al pie de cría y producción intensiva de carne. Revista del Borrego (27):58-65.
- Fernández-Mayer, A. y H. Pelta. 2007. La sequía: ¿Otra amenaza en los planteos ganaderos? E.E.A, INTA Bordenave. www.Producción-animal.com.ar [en línea].
- NRC. 1985. Nutrient requirements of sheep. Sixth revised edit. National Academic Press. Washington, D.C. 99 p.





EVAUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE SEMILLA DE LINAZA MOLIDA EN DIETAS PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN

Eutiquio Soní Guillermo¹⁴², Marcos Pérez Sato¹⁴³, Numa Pompilio Castro González¹⁴²
e Inci Denisse Córdova Cruz¹⁴³

Resumen

La alimentación de los animales ejerce una influencia en los atributos para mejorar los parámetros productivos, la semilla de linaza molida, incrementa su bio-disponibilidad de grasa, proteína y fibra dietética. Se realizó un experimento con objetivo de establecer la inclusión de semilla de linaza molida en la dieta para mejorar el comportamiento productivo de cerdos en finalización, se utilizaron 24 cerdos en fase de finalización con peso inicial promedio 75 ± 4 kg, estos animales fueron pesados y asignados jaulas individuales. Se utilizaron 8 animales por tratamiento, T1=dieta testigo + 0% semilla de linaza molida, T2=dieta testigo + 4% semilla de linaza molida, T3= dieta testigo + 8% de semilla de linaza molida, distribuidos de manera aleatoria en un diseño completamente al azar, los cuales fueron asignados a consumir una de las tres dietas que cubrieron los requerimientos nutricionales de los animales, estas fueron isoprotéicas e isoenérgicas. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en la ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA), conversión alimenticia (CA) así como grasa dorsal (GD), entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, en la variable área del músculo *Longissimus* (AML) se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) por efecto de los diferentes niveles de semilla de linaza molida con valores de 33.26ab, 28.30b y 35.68a mm para T1, T2 y T3 respectivamente. Por lo que se concluye que la suplementación en la dieta de semilla de linaza no afectó las variables productivas, pero si la variable AML de la canal en dietas para cerdos en de finalización.

¹⁴² Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

¹⁴³ Estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

*soniguillermo@hotmail.com.





Palabras clave: cerdos, parámetros productivos, calidad de la canal, linaza

Introducción

La alimentación de los animales ejerce una influencia importante en los atributos para mejorar los parámetros productivos (García *et al.*, 2005), y la nutrición es uno de los factores más importantes en la producción pecuaria, ya que cualquier situación que altere el consumo de alimento afectará el consumo de nutrientes y comprometerá su desarrollo productivo y fisiológico de los animales (Summers, 1995). La linaza tiene una composición nutricional que la distingue de otras oleaginosas. Por su alto contenido de energía, es responsable de la realización de todos los procesos metabólicos, utilizándose principalmente para el mantenimiento del organismo y posteriormente para las funciones productivas. La semilla de linaza molida incrementa la biodisponibilidad de grasa, proteína y fibra dietética, alcanzando a cubrir perfectamente los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (EMm) en cerdos, que es de 197 kcal/kg de peso vivo. Los cerdos alimentados con linaza alcanzan un mayor rendimiento, al mismo tiempo tiene respuesta positiva en el área del ojo del lomo y grasa dorsal, realzando la calidad de la canal (Eastwood *et al.*, 2009); además, disminuye olores desagradables en la carne de cerdo con el incremento de niveles de linaza (Corino *et al.*, 2008). Aumenta la inmunidad hacia fenotipos anti-inflamatorios y disminuye la expresión del factor de necrosis tumoral (TNF) en el músculo (Zhan *et al.*, 2009). Así mismo, mejora el crecimiento de lechones durante y después del destete, enriqueciendo el tejido cerebral y la fertilidad (Huang *et al.*, 2008). En el ganado porcino es interesante suplementar el alimento con semillas de linaza, no solo por los efectos beneficiosos sobre la salud de los propios cerdos, sino también para mejorar parámetros productivos como consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) y la calidad de canal, área del músculo *Longissimus* (AML) y grasa dorsal (GD) en cerdos en etapa de finalización (Musella *et al.*, 2009), por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar parámetros productivos y calidad de canal, con diferentes niveles de linaza molida en dietas para cerdos en etapa de finalización.





Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en las instalaciones de la Unidad Porcina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México (Figura 1), que se ubica entre los 19° 56' de latitud y 98° 56' de longitud oeste, y a una altitud de 2,260 m. El clima de este lugar es seco, semiárido con régimen de lluvias en verano, con una temperatura media anual de 14.59°C y una precipitación anual de 549.88 mm (García, 1988). Para determinar el efecto de la inclusión de semilla de linaza molida en los parámetros productivos en cerdos en etapa de finalización, se utilizaron 24 cerdos (12 machos castrados y 12 hembras) York-Landrace, con un peso corporal inicial promedio de 75 ± 3 kg. Los animales fueron identificados y pesados individualmente, asignados en tres grupos, alojados en 24 jaulas individuales de 1.20 x 2.00 m, totalmente dotados con comedero y bebedero automático. Se utilizaron 24 animales; 8 animales por tratamiento (T1=dieta testigo + 0% semilla de linaza molida, T2= dieta testigo + 4% semilla de linaza molida, T3= dieta testigo + 8% de semilla de linaza molida), distribuidos de manera aleatoria en un diseño completamente al azar, los cuales fueron asignados a consumir una de las tres dietas que cubrieron los requerimientos nutricionales de los animales (Cuadro 1); éstas fueron isoproteicas e isonergéticas.

Cuadro 1. Composición de las dietas utilizadas en el experimento con diferentes niveles de semilla de linaza molida, basada en valores del NRC (2012).

Ingrediente	0% semilla de linaza	4% semilla de linaza	8% semilla de linaza
Sorgo	86.53	84.83	83.24
Soya	9.19	7.58	5.73
Aceite de soya	0.93	0.26	0
Lisina	0.72	0.77	0.81
Metionina	0.20	0.20	0.20
Triptófano	0.25	0.24	0.24
Vitaminas y minerales	0.35	0.35	0.35
Sal	0.30	0.30	0.30
Carbonato	0.55	0.62	0.68
Ortofosfato	0.75	0.61	0.52
Treonina	0.20	0.20	0.21





Continúa Cuadro 1...

Ingrediente	0% semilla de linaza	4% semilla de linaza	8% semilla de linaza
Total	100.00	100.00	100.00
Valor nutricional			
EM (Mcal/kg)	3,30	3,30	3,30
Proteína (%)	13,15	13,15	13,15
Calcio (%)	0.64	0.64	0.64
Fósforo (%)	0.45	0.45	0.45

Las variables evaluadas en el comportamiento productivo fueron: ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA). Para calidad de la canal fueron: área del músculo *Longissimus* y espesor de grasa dorsal.

Para CDA, durante la prueba de comportamiento fue registrado el alimento ofrecido por jaula, restando el rechazado entre el número de días que duró el experimento. En base a la diferencia entre el peso final y el peso inicial de los animales, se determinó la GDP por animal; ésta se dividió entre los días de duración del experimento. La conversión alimenticia se determinó a partir del consumo de alimento por día entre la ganancia diaria de peso. Se realizaron dos mediciones de grasa dorsal y de área del músculo *Longissimus* al inicio del experimento, con un peso promedio de 75 ± 3 kg, la segunda medición en la fase final del experimento llegando a un peso promedio de 92.29 kg, la medición se realizó a nivel de la 7ª y 11ª costilla, utilizando un ultrasonido de tiempo real SonoVet 600, marca MEDISON (Medison, Inc., Cypress, California, USA).

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestra la inclusión de diferentes niveles de linaza molida en dietas para cerdos en finalización, en la que se observa que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, así como conversión alimenticia, entre los diferentes tratamientos.

En un estudio realizado por Eastwood *et al.* (2009), en el que se utilizaron 200 cerdos alimentados con 0, 50, 100 y 150 g de harina de linaza/kg, determinaron que no se ve





afectada la ganancia diaria de peso en dietas para cerdos. De igual manera, al suplementar en la dieta semillas de linaza en dos experimentos: en el primero con cerdos con un peso vivo de 87 kg, que recibieron dietas con 0 y 11% de linaza durante 20 y 27 días antes del sacrificio, y en el segundo con animales con peso vivo de 46 kg, alimentados con dietas que contenían 0, 1, 2 y 3% de linaza, durante 54, 62, 68, y 75 días antes del sacrificio, los resultados mostraron que la adición de linaza no afectó la ganancia diaria de peso. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, a pesar de que los animales variaron en pesos y a los niveles de semilla de linaza, que en el presente estudio están por arriba hasta el 8% que los estudios reportados anteriormente.

No se encontró efecto entre tratamientos en el consumo diario de alimento con la inclusión de semilla de linaza molida (Cuadro 2). El consumo total de alimento está dentro del nivel que marca la literatura que va de 2.0 a 3.5 kg/día (Cuarón, 2002) para terminar su periodo de engorda a los 100 kg. Se registró un consumo promedio de 2.70 kg/animal (T1), 2.63 kg/animal (T2) y 2.62 kg/animal (T3), de acuerdo con estudios realizados por Eastwood *et al.* (2000), utilizando 200 cerdos alimentados con 0, 50, 100, y 150 g de harina de linaza/kg, como resultado obtuvieron que el consumo diario de alimento no se ve afectado por la inclusión de harina de linaza en la dieta ($P>0,05$), resultados similares al presente estudio.

En cuanto a la conversión alimenticia (Cuadro 2), se puede observar que la inclusión de semilla de linaza molida en diferentes niveles (0, 4 y 8%) en dietas para cerdos, no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$). Cannata *et al.* (2010) señalan que los cerdos en la etapa de crecimiento-finalización alimentados con semillas de linaza (50 g/kg de semilla de lino extrusionada, en un periodo de 30-90 días afectan positivamente los parámetros productivos del cerdo. En un trabajo realizado por Musella *et al.* (2009) mencionan que, al suplementar el alimento con semillas de linaza, mejoran los parámetros productivos en cerdos en etapa de finalización al suplementar en la dieta 50 g/kg de semilla de lino extrusionada. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, son superiores a los encontrados en los estudios antes mencionados y al periodo de suministro de la dieta, pero concuerdan con los estudios realizados por Eastwood *et al.* (2009), quienes, al evaluar niveles de 0, 50, 100, y 150 g de harina de linaza/kg, en dietas para cerdos, encontraron que el índice de conversión (IC) no fue afectado por los niveles utilizados. Es importante mencionar que muchas veces al comparar los resultados del presente estudio con





los de los autores antes mencionados, muchas veces la conversión alimenticia se altera y esto se debe principalmente a la cantidad y calidad de los nutrientes en las dietas, y muchas veces depende de la etapa de crecimiento, edad, sexo, ambiente y raza, ya que esto dependerá el consumo de alimento que se ve reflejado en una eficiente conversión alimenticia (Castro, 1999).

Cuadro 2. Variables productivas con diferentes niveles de semilla de linaza molida en dietas para cerdos en etapa de finalización.

Variable	T1, 0 %	T2, 4 %	T3, 8 %	Coefficiente de variación
GDP	0.88	0.88	0.96	20.82
CDA	2.70	2.63	2.62	21.70
CA	3.10	3.18	2.99	34.43

GDP= ganancia diaria de peso; CDA= consumo diario de alimento; CA= conversión alimenticia.

En el Cuadro 3, se muestran los resultados de área del músculo *Longissimus* y grasa dorsal. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el área del músculo *Longissimus* por efecto de los diferentes niveles de semilla de linaza molida, en donde se observa que el T3 mostró un área mayor respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en grasa dorsal. Corino *et al.* (2008) y Musella *et al.* (2009) reportaron un aumento en el contenido de tejido adiposo subcutáneo, con un aumento de 5% en la GD en la carne para consumo en fresco; así como en productos curados (jamón de Parma) de cerdos alimentados con 50 g/kg de semilla de lino extruida. Estudios realizados por Eastwood *et al.* (2009) utilizando 200 cerdos alimentados con 0, 50, 100, y 150 g de harina de linaza/kg (HL), mencionan que al aumentar el nivel de HL en la dieta de 0 a 150 g/kg aumentó la grasa dorsal ($P < 0.001$). De igual manera, estudios realizados por Cannata *et al.* (2010), quienes mencionan que al suplementar la dieta con semillas de linaza, mejora la calidad de la canal de cerdos en etapa de finalización, contemplando periodos de suministro necesarios de 30 a 90 días, suplementados con 50 g/kg de semilla de lino extruida, dichos resultados no coinciden con los obtenidos en la presente investigación, debido que los niveles utilizados son inferiores a los manejados en el presente estudio al periodo de suministro, o bien proteína más GD de la canal en razas mejoradas (Lebret *et al.*, 2002), sin embargo, al manipular niveles mayores a 15% (Musella *et al.*, 2009) se ven repercutidas las





características sensoriales del jamón. Por otra parte, Razo (2014) indica que en ovinos, al adicionar a la dieta testigo aceite de atún o aceite de linaza a tres niveles (1, 2 y 3%), la grasa dorsal (GD) con aceite de linaza fue menor ($P < 0.05$) al 2% (1.7 y 1.8 mm) vs aceite de atún al 3% (3.1 mm); estos resultados no concuerdan con los obtenidos, si bien se utilizaron niveles similares en la dieta, dicha diferencia puede atribuirse al contenido nutricional de la dieta, a la especie, al genotipo, estado fisiológico, sistema de manejo y el tipo de músculo (Huerta y Leidenz, 2003).

En el Cuadro 3 se muestran las diferencias significativas ($P < 0.05$) para AML en T2 con T3 (28.30b mm vs 35.68a mm, respectivamente), igualmente T2 y T3 muestran diferencia significativa con T1 (33.26 mm), pero al mismo tiempo T1 es estadísticamente igual con T2 y T3. Los animales alimentados con 8% de semilla de linaza molida presentaron mayor área del músculo *longissimus*. Rey *et al.* (1999) mostraron que al utilizar cerdos blancos alimentados con 0 y 5% de aceite de linaza, presentaron un mayor peso de la canal los cerdos alimentados con 5% de aceite. Razo (2014), al medir el comportamiento productivo en ovinos, adición a la dieta testigo aceite de atún o aceite de linaza a tres niveles (1, 2 y 3%), obtuvo mejores resultados con la dieta que contenía aceite de linaza (3%) respecto al aceite de atún (1%) en el área del músculo *Longissimus dorsi* en ovinos de engorda. Dichos resultados concuerdan con la presente investigación a pesar de que los niveles de aceite de atún y la especie son diferentes. Por otra parte, Nuernberg *et al.* (2005) indicaron que las características de las canales de un genotipo magro (Pietrain x Landrace alemán) no se vieron modificadas por el uso de una dieta con un 5% de aceite de linaza. Estos resultados son diferentes a los de la presente investigación, en relación con el genotipo, estado fisiológico, dieta, sistema de manejo o a las condiciones en la que se realizó el experimento (Huerta y Leidenz, 2003).

Cuadro 3. Calidad de la canal con diferentes niveles de linaza molida en dietas para cerdos en etapa de finalización.

Variable	T1, 0%	T2, 4%	T3, 8%	Coefficiente de variación
GD	13.75	11.50	12.00	17.70
AML	33.26ab	28.30b	35.68a	12.52

GD= grasa dorsal; AML= área del músculo *Longissimus*. Letras diferentes entre líneas indican diferencias significativas ($P < 0.05$).





Conclusiones

1.- Las variables consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia no se vieron afectadas por los diferentes niveles de semilla de linaza molida. 2.- En cuanto a las variables de calidad de la canal, la variable grasa dorsal no fue afectada por los niveles de inclusión de semilla de linaza molida; sin embargo, la variable área del músculo *Longissimus* se mejoró con el nivel de 8% de semilla de linaza molida.

Literatura citada

- Cannata, S., S. Ratti, K. Meteau, J. Mourot, P. Baldini and C. Corino. 2010. Evaluation of different types of dry-cured ham by Italian and French consumers. *Meat Sci.* 84:601-606.
- Castro, M. L. 1999. Parámetros productivos, examen general de calidad profesional para medicina veterinaria y zootecnia. 1ra edición. Editorial Jaiser. D.F., México. Pp. 100-102.
- Corino, C., M. Musella y J. Mourot. 2008. Influence of extruded linseed on growth, carcass composition and meat quality of slaughtered pigs at 110 and 160 kilograms of liveweight. *J. Anim. Sci.* 86:1850-1860.
- García, C., A. Jurado y A. I. Carapiso. 2005. Actas del III Congreso Mundial del Jamón, Teruel. P. 177.
- Cuarón, I. J. A. Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP (México). Agrupación de Consultores en Tecnología del Cerdo (Argentina). Consultado en línea el 6 de enero de 2012.
- Eastwood, P., R. Kish, A. D. Beaulieu and P. Leterme. 2009. Nutritional value of flaxseed meal for swine and its effects on the fatty acid profile of the carcass. *J. Anim. Sci.* 87:3607-3619. doi:10.2527/jas.2008-1697.
- García, E. 1988, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, Offset Larios, 217 p.





- Huang, F. R., Z. P. Zhan, J. Luo, S. W. Jiang and J. Peng. 2008. Duration of feeding linseed diet influences peroxisome proliferator-activated receptor gamma and tumor necrosis factor gene expression, and muscle mass of growing-finishing barrows. *Livest. Sci.* 119:194-201.
- Huerta-Leidenz, N., L. Arenas, M. Oron-Fuenmayor y O. Uzcátegui-Bracho S. 2003. Composición mineral del músculo longissimus crudo derivado de canales bovinas producidas y clasificadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53(1).
- Lebret, B., P. Massabie, R. Granier, H. Juin, J. Mouroit and P. Chevillon. 2002. Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pigs, and on the technological and eating quality of dry-cured hams. *Meat Sci.* 62:447-455.
- Musella, M., S. Cannata, R. Rossi, J. Mouroit, P. Baldini and C. Corino. 2009. Omega 3 Pufa from extruded linseed influences fatty acid composition and sensory characteristics of dry-cured ham NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11 Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nuernberg, K., K. Fischer, G. Nuernberg, U. Kuechenmeister, D. Klosowska, G. Elimnowska-Wenda, I. Fiedler and K. Ender. 2005. Effects of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristics and muscle structure in pigs. *Meat Sci.* 70:63-74.
- Razo, H. G. 2014. Comportamiento productivo y perfil de ácidos grasos en la canal de ovinos suplementados con aceites protegidos. Estado de México. Pp. 9-27.
- Rey, A., B. Isabel, R. Cava and C. López-Bote. 1999. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. *Can. J. Anim. Sci.* 78:441-443.
- Summers, J. D. 1995. Nutrition and poultry reproduction. Word Animal Sciences, C9. Elsevier Sciences B.V. Amsterdam, Netherlands. Pp. 15-29.
- Zhan, Z. P., F. R. Huang, J. Luo, J. J. Dai, X. H. Yan and J. Peng. 2009. Duration of feeding linseed diet influences expression of inflammation-related genes and growth performance of growing-finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 87:603-611.





APLICACIONES MÓVILES PARA EL MONITOREO DE PASTOREO CON CERCO ELÉCTRICO AUTOMATIZADO

Diego Jesús Rafael Valdez Cortés^{144*}, Edgar Adrián González Velázquez¹⁴⁴, David Hernández Rodríguez¹⁴⁴, Eliceo Hernández Hernández¹⁴⁴, Luis Félix Gutiérrez¹⁴⁴, Delfino Olivares Sagahon¹⁴⁴ y Egleide Gómez Nochebuena¹⁴⁴

Resumen

La implementación de aplicaciones móviles en el desarrollo de actividades productivas del sector pecuario es una tendencia innovadora la cual no sólo facilita el trabajo del productor para la crianza de cualquier especie ganadera, sino que también ofrece condiciones de bienestar animal al monitoreando todo el tiempo la alimentación y algunos problemas que se puedan suscitar en el hato, de modo que permitan intervenir para realizar las correcciones pertinentes. La aplicación transmite imágenes en vivo mediante el uso de cámaras WIFI hacia un teléfono móvil y además emite una alerta de lo que está sucediendo en tiempo real y en forma remota. Con esto se pueden tomar decisiones sobre el área de pastoreo que registren condiciones de cantidad y calidad del forraje que se esté ofreciendo al animal en cuestión, con lo que se reducen pérdidas y se hace eficiente todo el sistema productivo;

Palabras clave: pastoreo rotacional, telefonía móvil, aplicación móvil, cámara WiFi

Introducción

En la ganadería actual existe una tendencia productiva a contar con poco espacio para el pastoreo y escasos recursos forrajeros. Ello, aunado al ritmo de vida dificulta el manejo correcto del comportamiento animal y el aprovechamiento correcto de las áreas de pastoreo. De este modo, el método para obtener alimentos saludables de origen animal se fundamenta en brindar una dieta equilibrada con base en el pastoreo para la alimentación del ganado. En

¹⁴⁴ Instituto Tecnológico de Huejutla. *superdiegojr@gmail.com





el sistema de pastoreo rotacional intensivo el animal cosecha diariamente un pasto sano, limpio y fresco, y se le brinda confort y buen trato para que pueda expresar su óptima capacidad de producción (Messina, 2004).

El objetivo básico del manejo del pastoreo es controlar los recursos tanto vegetales como animales, de tal forma que se pueda obtener y mantener una alta eficiencia en el sistema de producción por medio de la utilización óptima de las praderas y la productividad máxima de los animales (Hernández, 2012). No obstante, el sistema tiene sus desventajas, entre las que se puede señalar que requiere una inversión inicial y cierta capacitación del técnico o responsable del rancho; otra es que el pago de empleados y el manejo incorrecto del ganado son una inversión que pone en riesgo el capital del productor y el cumplimiento de los objetivos productivos. En este sentido, en la última década, el uso de la telefonía móvil en Latinoamérica ha tenido un creciente auge, la disminución de los costos en los equipos y la evolución de las tecnologías móviles permitieron aumentar el número de usuarios y la velocidad de transferencia de información, lo que garantizó la penetración en el mercado con un promedio de 103 líneas telefónicas por cada 100 habitantes en el 2011 en Latinoamérica (ITU, 2012). En este trabajo se presenta una aplicación móvil capaz de interactuar con cámaras WIFI a distancia, para facilitar el trabajo del productor sin descuidar su principal fuente de ingresos.

Materiales y métodos

La aplicación móvil para el monitoreo de pastoreo mediante el uso de cámaras WIFI surge con la finalidad de facilitar y aumentar la producción de cualquier especie de ganado. Una de las características sobresalientes es la cámara IP WIFI, que transmite videos con excelente resolución y audio de dos vías en tiempo real y de forma remota. El prototipo se desarrolló en el Instituto Tecnológico de Huejutla en el laboratorio de cómputo de la carrera de Sistemas Computacionales. Los materiales que se utilizaron para el prototipo del cerco eléctrico automatizado fueron dos cámaras IP WIFI, un micro-controlador Atmega328P, Modulo sim900. La cámara cuenta con formato de impresión H. 26, IR-cut visión nocturna, protocolo universal de dos vías de voz INVIF. La placa del micro controlador Atmega328P cuenta con





14 entradas/salidas digitales de las cuales seis se pueden utilizar como salidas PWM y otras seis como entradas analógicas, conector USB, una tarjeta SIM900, cuatri-banda 850/ 900/ 1800/ 1900 MHz, GPRS multi-slot clase 10/8, GPRS estación móvil clase B, cumple con GSM phase 2/2+ clase 4 (2 W @850/ 900 MHz) y clase 1 (1 W @ 1800/1900MHz).

La metodología propuesta para el desarrollo de aplicaciones móviles se fundamenta en la experiencia de las investigaciones previas en aplicaciones móviles, la evaluación del potencial de éxito para servicios de tercera generación denominada 6 M, la ingeniería de software educativo con modelado orientado por objetos, y principalmente en los valores de las metodologías ágiles.

Para el desarrollo de la aplicación se deben seguir cinco etapas:

Inicio: incluye obtener requerimientos, clasificar requerimientos y personalizar el servicio

Diseño: comprende definir el escenario, estructura del software, definir tiempo y asignar recursos

Desarrollo: abarca codificar, pruebas unitarias, documentar el código y codificar ayudas

Pruebas de funcionamiento: engloba emulación y simulación, dispositivos reales y análisis de 6Ms

Entrega: involucra manuales y distribución (Gasca Mantilla *et al.*, 2014).

La plataforma que se utilizó para el desarrollo de la aplicación fue app inventor2 que es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. La cámara monitorea en tiempo real el pastoreo dentro de la jaula automatizada mediante el uso del micro-controlador, almacenando información en la base de datos remota del web hosting; en caso de haber una incidencia el micro-controlador enviará un mensaje mediante la tarjeta SIM al Smartphone, una vez el teléfono reciba el mensaje de alerta, el usuario ingresará mediante la aplicación al interfaz para conectarse al servidor remoto y con ello operar la cámara y verificar el problema de la alerta (Figura 1).



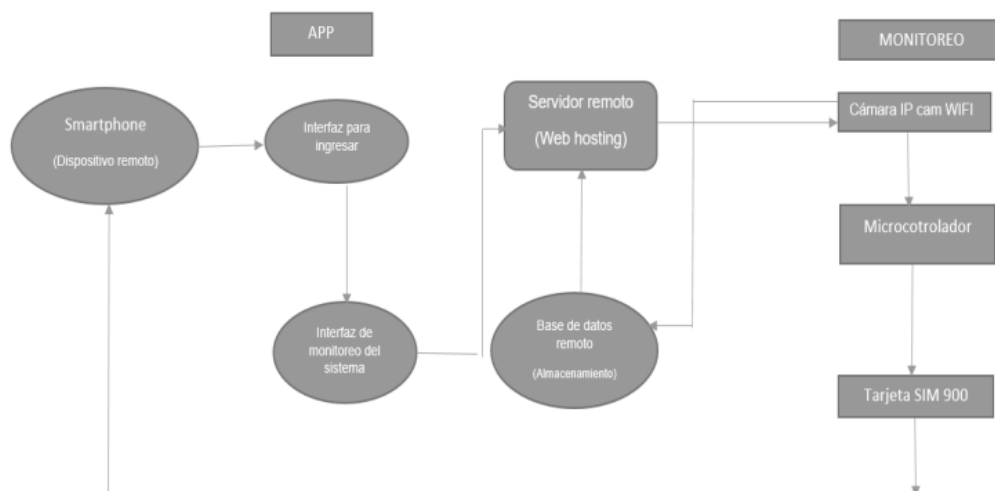


Figura 1. Esquema del comportamiento de la aplicación.
Fuente: Gasca Mantilla *et al.* (2014).

Conclusión

1.- La aplicación puede llegar a ser una herramienta útil para el productor; no solo se puede utilizar para el monitoreo, sino también para seguridad privada.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Huejutla por todas las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta investigación.

Literatura Citada

Hernández G., A. 2012. Pastoreo Rotacional Intensivo. Colegio de Postgraduados Montecillos, estado de México, México. 8 p. https://nanopdf.com/downloadFile/pastoreo-rotacional-intensivo_pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





- Gasca Mantilla, M. C., L. L. Camargo Ariza y B. Medina D. 2014. Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura* 18(40): 20-35. <https://doi.org/10.14483/issn.2248-7638>
- Messina, J. E. 2004. Pastoreo rotacional intensivo. Una propuesta estratégica para racionalizar la empresa ganadera. (P.R.I.). Sitio Argentino de Producción Animal Córdoba, Argentina. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/16-pri.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- ITU. 2012. World Telecommunication ICT Indicators Database, Mobile cellular subscriptions. International Telecommunication Union. <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/material/excel/Mobile-cellular2000-2011.xls> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





EVALUACIÓN DE DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE CON *Moringa oleifera* Lam

Reina Aracely Pech Palomino¹⁴⁵, Jorge Ricardo Ortiz Ortiz¹⁴⁵, Addy Patricia Pool Cruz¹⁴⁵ y Edgar Aguilar Urquizo^{145*}

Resumen

Una alternativa para disminuir los costos por concepto de importación de materias primas es la utilización de forrajes arbóreos, como la *Moringa oleifera*, debido a sus características nutricionales en donde destaca su contenido de 17-27% de proteína. Debido a lo anterior, se planteó esta investigación para evaluar el efecto de la harina de *M. oleifera* en la dieta de pollos de engorde. El experimento se realizó en dos etapas. En la primera etapa se utilizaron 125 pollos de engorde mixtos de la línea Ross de 13 días de edad, los cuales fueron alimentados con raciones de 0 y 3% de harina de *M. oleifera* hasta los 28 días de edad (crecimiento), y fueron distribuidos en un galpón al que se le realizaron 25 divisiones con malla para gallinero; cada corraleta tenía 1 m², provista de un comedero tolva y un bebedero de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, con quince repeticiones para el primer tratamiento y diez para el segundo. En la segunda etapa (finalización) se utilizaron los mismos pollos de engorde, pero fueron distribuidos en tres tratamientos (0, 5 y 10% de harina de *M. oleifera*) con cinco repeticiones para el tratamiento uno, y diez repeticiones para los tratamientos dos y tres. En ambos experimentos la unidad experimental fueron cinco pollos de engorde. Para la preparación de las harinas, se realizó la cosecha de las hojas a los 40 días después de la poda. Las hojas fueron colocadas en mallas negras para una pre-deshidratación y posteriormente se pasaron a una estufa de desecación de aire forzado, a 60°C durante 24 h. Una vez secas las hojas, se procesaron en un molino de martillos. Las variables evaluadas fueron ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. No se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en ninguna de las variables evaluadas en ambas etapas, por lo que se considera factible incluir en la etapa de crecimiento hasta el

¹⁴⁵ Instituto Tecnológico de Conkal. *aguilaru_e@yahoo.com.mx





3% de harina de *M. oleifera* y en la etapa de finalización hasta el 10%, sin afectar el comportamiento productivo del pollo de engorde.

Palabras clave: agroforestería, harina de arbóreas, avicultura

Introducción

La avicultura es una de las ramas de la ganadería mexicana con mayor tradición en el país, ya que la cría de las aves de corral se practica desde antes de la época de la conquista. Así mismo, se le puede clasificar como la actividad con mayor avance tecnológico, debido a las mejoras genéticas que ha habido en los últimos años.

México, a nivel mundial, se encuentra posicionado en el quinto sitio como productor de carne de pollo, con un promedio de 2,808,032 toneladas al año, importando alrededor del 14%, principalmente de los Estados Unidos de Norteamérica. Es importante recalcar que la carne de pollo, comparada con la de otras especies, como la res y cerdo, contiene una cantidad relativamente mayor de ácidos grasos insaturados, situación que es nutricionalmente favorable para el consumidor (SENASICA, 2015). Sin embargo, con el incremento demográfico y como consecuencia, una mayor demanda de carne para consumo humano. Se estima que solo en el periodo 2015-2030 la producción de carne seguirá aumentando un 15% por año; el aumento de la demanda de carne implica también el aumento de la demanda de insumos para la elaboración de alimentos para animales, sobre todo ricos en proteína (FAO, 2013).

Una de las fuentes más ricas en proteínas utilizadas en la alimentación animal es la soya, siendo los Estados Unidos de América y Brasil los principales exportadores. Esto quiere decir que no hay la capacidad de proveer la alimentación de los animales para la producción de carne, lo que indica que los costos de alimentación se incrementan debido a la importación de las materias primas.

Una alternativa para disminuir los costos por concepto de importación de materias primas es la utilización de forrajes arbóreos, como la *M. oleifera*, debido a sus características nutricionales, destacándose su contenido de 17 a 27% de proteína y el contenido de





suficientes aminoácidos esenciales necesarios para el desarrollo de los monogástricos, además de bajos niveles de taninos y saponinas (Foidl *et al.*, 2008). Estudios en Cuba demuestran que con un 10, 20 y 30% de harina de moringa en las dietas para pollos de engorde durante el inicio, crecimiento y finalización, respectivamente, se ha logrado un buen comportamiento productivo; además, se redujeron significativamente los costos de alimentación y la tonelada de peso vivo producido (Valdivie *et al.*, 2012). Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar dietas en pollos de engorde con diferentes niveles de *M. oleifera*, como fuente de proteína en la etapa de crecimiento y finalización.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el 2016 en el Área de Producción e Investigación Agrícola y Pecuaria del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México (21°05' N y 89°32' O), que se encuentra a una altitud de 7 m., con temperatura anual promedio de 26°C (Flores y Espejel, 1994).

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon 125 pollos mixtos de un día de edad de la línea Ross, previamente vacunados. Durante los primeros 10 días, los pollitos fueron alojados en un área con luz artificial y temperatura controlada, la cual fue acondicionada para su estancia con un redondel de 2.5 m de diámetro y cama de viruta. La alimentación que se proporcionó durante la primera semana fue alimento comercial de la marca Campi®.

A los diez días de nacidos, se pesaron y fueron asignados a los tratamientos correspondientes, en un galpón de 50 m², con techo de lámina de zinc y piso de cemento, en el que se realizaron 25 divisiones con malla para gallinero. Cada corraleta tenía 1 m², provista cada una de un comedero tolva y un bebedero.

Se realizó la evaluación de la harina de *M. oleifera*, con tres niveles de inclusión de 3, 5 y 10% y un testigo en dietas de pollos de engorde. Durante el periodo experimental, se evaluó el comportamiento productivo en dos etapas; etapa de crecimiento, que comprendió del día 13 al 28, y la etapa de finalización, que comprendió del día 29 al 42. En la etapa de crecimiento se evaluó 0 y 3% de inclusión de harina de *M. oleifera* en la ración, con 15 repeticiones para el tratamiento 0% y 10 repeticiones para el tratamiento 3%. En la etapa de





finalización se evaluó 0, 5 y 10% de inclusión de harina de *M. oleifera* en la ración, con 5 repeticiones para el tratamiento 0% y 10 repeticiones para los tratamientos 5% y 10%. En ambas etapas la unidad experimental fueron 5 pollos de engorde.

Las variables productivas (ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia) se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey, con un nivel de confianza de $P < 0.05$.

Para la preparación de las harinas, se realizó la cosecha de las hojas a los 40 días de rebrote. Las hojas fueron colocadas en mallas para una pre-deshidratación y posteriormente se pasaron a una estufa de desecación de aire forzado a 60°C durante 24 h. Una vez secas las hojas, se molieron en un molino de martillos (se utilizó una criba de 5 mm).

Resultados y discusión

Etapas de crecimiento

En lo referente a la etapa de crecimiento, no hubo diferencias ($P > 0.05$) en la ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia entre tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de *M. oleifera* (3%) en la dieta de pollos en la etapa de crecimiento (13 a 28 días).

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo voluntario (g/d)	Conversión alimenticia (kg)
T0	1089.86 a \pm 51.57	105.83 a \pm 36.05	1.55 a \pm 0.04
T3	1082.40 a \pm 41.10	105.30 a \pm 31.56	1.59 a \pm 0.09

Medias con la misma literal dentro de columnas son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

En lo que respecta a la ganancia de peso y consumo voluntario, estos resultados son superiores que al alimentar con 5% de harina de *Macrolobium bicuspidum* a pollos de engorde mixtos de 21 a 31 días de nacidos, ya que se reporta una ganancia de peso de 11.35 g y un consumo voluntario de 160.61 g (Rodríguez y Mora, 2015). En otro estudio, al incluir 4% de harina de *Morus alba* en la dieta de pollos de engorda de 21 a 35 días de nacidos, se encontraron valores mayores (ganancia de peso de 1,085.14 g, consumo voluntario de 123.34 g, y conversión alimenticia de 2.26) a los encontrados en el presente





trabajo (Itzá *et al.*, 2010). Por otro lado, con 15% de harina de *Clitoria ternatea* y *Brachiaria humidicola* se obtuvieron ganancias de peso de 324.72 y 434.85 g, un consumo voluntario diario de 34.99 y 43.31g y una conversión alimenticia de 1.96 y 1.80 kg, respectivamente, en pollos de engorda de 7 a 25 días de nacidos (Monforte *et al.*, 2001). Los resultados encontrados en la etapa de crecimiento en pollos de engorda alimentados con *M. oleifera* (3%), indican que es factible su uso sin afectar las principales variables productivas de los pollos de engorde.

Etapa de finalización

Como se puede observar en el Cuadro 2, en la etapa de finalización no se encontraron diferencias ($P>0.05$) en las variables de ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia.

Cuadro 2. Respuesta productiva de pollos en finalización (29 a 42 días) al incluir en la dieta (5 y 10%) *Moringa oleifera*.

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	Consumo voluntario (g/día)	Conversión alimenticia (kg)
T0	1282.40a \pm 101.21	167.74a \pm 12.77	1.86a \pm 0.10
T5	1346.80a \pm 77.15	174.56a \pm 13.42	1.86a \pm 0.11
T10	1210.80a \pm 175.10	167.12a \pm 19.14	1.85a \pm 0.14

Medias con la misma literal en la misma columna indican igualdad estadística ($P>0.05$).

En un trabajo realizado por Farfán *et al.* (2015) con pollos de engorde mixtos de la línea Cobb (21 a 41 d) alimentados con 3% de harina de girasol, se encontraron mejores resultados a los encontrados en este ensayo para la ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia (1643.40 g, 129.84 g y 1.58 kg, respectivamente). Así mismo, se encontraron resultados similares a los de Farfán *et al.* (2015), al incluir 10% de harina de *Alocasia macrorrhiza* en dietas para pollos de engorda de 21 a 42 días para la ganancia de peso (1620.60 g), sin embargo, el consumo diario de alimento (154.57 g) y la conversión alimenticia fue mayor (2.56 kg) (López *et al.*, 2012). También se ha encontrado que en pollos camperos de 21 a 42 días de nacidos, alimentados con 10% de harina de *Morus alba*, la ganancia de peso fue de 431.30 g, el consumo voluntario diario de 192.95 g, y la conversión alimenticia de 2.37 kg, mayores, lo cual no es favorable (Leyva *et al.*, 2012). Por otro lado,





los resultados del presente experimento superan a otros valores reportados al incluir 5% de *Chenopodium quinoa* willdenow en la dieta de pollos de engorda de 28 a 42 días de nacidos, los cuales fueron 839.84 g para la ganancia de peso, 149.87 g para el consumo voluntario y 1.75 para la conversión alimenticia (Mosquera *et al.*, 2009). Como se puede observar, los resultados de este trabajo se encuentran dentro del rango de resultados reportados por otros autores. Se puede inferir que la inclusión máxima (10% de moringa) en la dieta de pollos en finalización, no interfiere en la finalización de los pollos y que el aporte nutricional y de fibra en la dieta al incluir moringa permite una engorda igual a la del testigo, lo anterior se puede atribuir a buena disponibilidad de nutrientes y digestibilidad de los mismos que aporta la moringa y a que los niveles de inclusión se pueden considerar bajos.

Conclusiones

Durante la etapa de crecimiento la inclusión de harina de *M. oleifera* en un 3% resulta favorable para el desarrollo de pollos de engorde, permitiendo una disminución en el uso de las pastas oleaginosas en la ración. Durante la etapa de finalización es viable el uso de *M. oleifera* en la alimentación de pollos de engorde hasta un 10%, sin modificar los principales indicadores productivos.

Literatura citada

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. <http://www.fao.org.com.mx/>. [Consultado el 23 de noviembre del 2015].
- Farfán, C. J., Z. Chávez J. L., A. M. Vasco y E. Humberto. 2015. Efecto de la harina de girasol (*Helianthus annuus*) y dos complejos enzimáticos sobre el desempeño productivo de pollos de engorde. *Rev. Facultad de Ciencias Veterinarias* 56(1):27-34.
- Flores, G. J. S. e I. Espejel C. 1994. Tipos de vegetación en la Península de Yucatán. *Etnoflora yucatanense*. Universidad Autónoma de Yucatán 3(10):1-35.





- Foidl, N. and R. Paull. 2008. Moringa oleifera. The encyclopedia of fruit and nuts. CABI, Oxford-Shire, UK. 509-512.
- Itzá, M. F. O., P. Lara L., M. Magaña M. y J. R. Sangines G. 2010. Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda. *Zootecnia Tropical* 28:477-487.
- Leyva, C. L., C. Olmo G. y E. León Á. 2012. Inclusión de harina deshidratada de follaje de morera (*Morus alba* L.) en la alimentación del pollo campero. *Revista Científica UDO Agrícola* 12(3):653-659.
- López, F., A. Caicedo y G. Alegría. 2012. Evaluación de tres dietas con harina de bore (*Alocasia macrorrhiza*) en pollos de engorde. *Rev. MVZ Córdoba* 17(3):3236-3242.
- Monforte, J., D. Carías, A. M. Cioccia y P. Hevia. 2002. Valor nutricional de las harinas de *Clitoria ternatea* y *Brachiaria humidicola* en la alimentación de pollos de engorde. *Interciencia* 27(1):33-38.
- Mosquera, M. L., S. Portilla y F. J. López. 2009. Evaluación del efecto nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*) con diferentes niveles de inclusión en las dietas para pollos de engorde. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 7(1):76-90.
- Rodríguez, S. y J. A. Mora. 2015. Evaluación biológica de la harina de *Macrolobium biscopidum* en pollos de engorde. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 6(1):001-018.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2015. <http://www.senacica.org.com.mx/>. [Consultado el 23 de noviembre del 2015].
- Valdivié, M., L. Cabezas y A. Quintana. 2012. Utilización del forraje y las hojas de moringa oleífera en la alimentación de aves, cerdos y conejos. Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio. Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. PM-16.





EFFECTO DE ESPECIE, ÉPOCA Y EDAD SOBRE MINERALES EN TRES LEGUMINOSAS EN HUEYTAMALCO, PUEBLA

Ramírez GJJM^{146*}, Carbajal AJP¹⁴⁷, López GI¹⁴⁸, Rosiles MR¹⁴⁷, Corona GL¹⁴⁷, Castrejón PFA¹⁴⁷

Resumen

El trabajo se realizó en el Sitio Experimental Las Margaritas, CIRGOC-INIFAP, localizado en el kilómetro 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, Puebla. Ubicado a 20°00'12.79" latitud norte y 97°18'33" longitud oeste, con clima subtropical húmedo Af(c), situado a 450 m de altitud, con precipitación media anual de 3000 mm y temperatura media anual de 21°C. Se evaluó el efecto de especie, época y edad al corte sobre el contenido de elementos minerales en: Cociute (GS; *Gliricidia sepium*), Cratilia (CA; *Cratylia argentea*) y Guaje (LL; *Leucaena leucocephala*). Para evaluar la calidad se cortó todo el material potencialmente comestible que produjeron dos plantas de cada uno de los cuatro surcos centrales; las ocho plantas seleccionadas se identificaron y muestrearon durante tres años. Todo el material producido durante el periodo de recuperación (6, 9 y 12 semanas) se pesó en fresco y se tomó una submuestra de 800 g y se secó a 55°C por 48 h o hasta peso constante. La determinación de los elementos: Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica; la determinación de Na fue por emisión atómica. El P se cuantificó por espectrofotometría de luz ultra violeta (UV) visible mediante la técnica de molibdo vanadato. En las tres leguminosas, el contenido de sodio, potasio, hierro y zinc, así como DIVMS, se modificó por efecto de la interacción especie x época x edad al corte. El cobre manifestó efecto de la interacción especie x época; el Mg y Mn registraron efecto de la interacción época x edad al corte, mientras que fósforo se modificó por efecto de especie, época y edad de la leguminosa al corte. Excepto Ca, Mg y Mn, todos los demás elementos minerales analizados y DIVMS mostraron un contenido distinto debido a especie, época o edad de la leguminosa al corte.

¹⁴⁶ Sitio Experimental Las Margaritas, Hueytamalco, Pue. CIRGOC-INIFAP. *ramirez.jose@inifap.gob.mx

¹⁴⁷ Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. FMVZ-UNAM.

¹⁴⁸ Campo Experimental La Posta, Paso del Toro, Veracruz. INIFAP-SAGARPA.





Palabras clave: especies, leguminosas, minerales

Introducción

La producción de bovinos, ovinos y caprinos a base de granos y pastas de oleaginosas es poco sostenible por los elevados costos de producción y la alta fluctuación de precios en el mercado globalizado. El elevado costo de los granos debido a su uso en la obtención de biocombustible y en la alimentación directa de los humanos, hace que en el país la producción de leche y carne a partir de las especies rumiantes sea complicada, por esta razón, los productores cada vez están más interesados en conocer alternativas de alimentación que permitan mayor digestibilidad y uso eficiente de los nutrientes, contribuyendo así a disminuir los costos de producción. Una de esas alternativas es la utilización de leguminosas, algunas de las cuales son árboles y arbustos forrajeros que manifiestan características sobresalientes en cuanto a su composición química, consumo y digestibilidad (Palma, 2005; Sosa *et al.*, 2004; Torres, 2008). Las leguminosas forrajeras tropicales cuentan con una gran cantidad de importantes evaluaciones de tipo agronómico; sin embargo, se tiene poca información sobre los cambios que manifiesta su valor nutritivo a través de las principales etapas fenológicas, por lo que es necesario conocer el valor nutricional de leguminosas tropicales para mejorar la eficiencia con la cual el ganado las utiliza (Montero, 1998). Particularmente, son ricas en proteína y minerales debido a la simbiosis que presentan sus raíces con *Rhizobium*, lo que permite que sean la principal fuente de estos nutrientes (Sierra y Nygren, 2006). Sin embargo, es muy poca la investigación que se ha realizado sobre el contenido de elementos minerales en estas plantas a través de sus distintas etapas fenológicas. Por lo anterior, se caracterizó el contenido de elementos minerales (Ca, P, K, Na, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) en tres leguminosas: Cocuite (GS; *Gliricidia sepium*), Cratilia (CA; *Cratylia argentea*) y Guaje (LL; *Leucaena leucocephala*).

El Cocuite (*Gliricidia sepium*) es un arbusto caducifolio, de 2 a 15 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho entre 25 y 60 cm, normalmente más pequeño (30 cm). Se introdujo a Hueytamalco, Pue., de Veracruz de las zonas bajas de México. Es nativa de las





partes secas de América Central. Se pueden encontrar algunos árboles silvestres formando parte de selvas medianas perennifolias y en vegetación secundaria. Su capacidad de adaptación la ha llevado a ocupar dunas costeras ligeramente salinas, bancos ribereños, planicies inundables, faldas de montañas, barrancos, áreas perturbadas, terrenos abiertos y terrenos inestables de las orillas de los ríos. En su ámbito de distribución natural prevalece un clima subhúmedo relativamente uniforme, con temperaturas de 20 a 30°C, precipitaciones anuales de 500 a 2,300 mm y 5 meses de período seco. Se adapta tanto a suelos húmedos como a secos, se desarrolla en una gran variedad de suelos que van desde arenas puras, regosoles pedregosos no estratificados, hasta vertisoles negros profundos en su rango natural y ha sido cultivado en suelos desde arcillosos hasta franco-arenosos.

Cratilia (Cratylia argentae) es un arbusto nativo de la amazonia, caracterizado por su amplia adaptación a zonas bajas tropicales con sequías hasta de 6 meses y suelos ácidos de baja fertilidad de tipo ultisol y oxisol. Bajo estas condiciones produce buenos rendimientos de forraje bajo corte y tiene la capacidad de rebrotar durante el período seco, debido a un desarrollo radicular vigoroso. El hábito de crecimiento de *Cratylia argentae* es de tipo arbustivo en formaciones vegetales abiertas, pero puede convertirse en liana de tipo voluble cuando está asociada a plantas de porte mayor (Sobrinho y Nunes, 1995). La especie ramifica desde la base del tallo y se reportan hasta 11 ramas en plantas de 1.5 a 3.0 m de altura (Maass, 1995). Pareciera que en sitios con bajas temperaturas las hojas tienden a tener menor pubescencia, de acuerdo a observaciones no publicadas. La alta retención foliar, particularmente de hojas jóvenes, y la capacidad de rebrote durante la época seca es una de las características más sobresalientes de *Cratylia argentae*; esta cualidad está asociada al desarrollo de raíces vigorosas de hasta 2 m de longitud que hace la planta tolerante a la sequía, aún en condiciones extremas de suelos pobres y ácidos, como los de Planaltina en Brasil (Pizarro *et al.*, 1995; Pizarro, 2005).

Guaje (*Leucaena leucocephala*) es un árbol mayor de 20 m de altura, originario de México, pero se ha diseminado accidentalmente o intencionalmente por introducción primero a las islas caribeñas y después a otras áreas y en la actualidad está distribuido en todos los trópicos del mundo. Esta planta es apreciada por su habilidad para resistir una defoliación continua, por sus altos rendimientos del follaje, y por su tolerancia a suelos poco fértiles y a una relativa baja precipitación. Para un buen crecimiento, desarrollo y alta productividad,





requiere de suelos con buen drenaje y no tolera los suelos inundados o encharcados. Puede resistir una ligera acidez en el suelo con un pH de más de 5, pero crece mejor en suelos neutros o ligeramente alcalinos. Los contenidos de PC en la MS fluctúan de 14-19%; por lo regular, el contenido de FC fluctúa de 33 a 38%, y el de ELN de 35 a 44%. El primer corte se realiza a los 2 a 8 meses después del establecimiento y cortes frecuentes cuando alcanza una altura de 90 a 150 cm.

El objetivo fue evaluar la variación en el contenido de los principales elementos minerales (Ca, P, K, Na, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn) en las hojas de tres leguminosas establecidas en el S. E. Las Margaritas, Hueytamalco, Pue., debida a la especie, época y edad de la planta al corte.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Sitio Experimental “Las Margaritas”, CIRGOC-INIFAP, localizado en el km 9.5 de la carretera Hueytamalco-Tenampulco, Puebla. Ubicado a 20°00′12.79” latitud norte y 97°18′33” longitud oeste, con clima subtropical húmedo Af(c), situado a 450 m de altitud, con precipitación media anual de 3000 mm y temperatura media anual de 21°C. Las leguminosas fueron: Cocuite (*Gliricidia sepium*) (GS), Cratilia (*Cratylia argentea*) (CA) y Guaje (*Leucaena leucocephala*) (LL). La siembra se realizó al iniciar las lluvias (15/06/2009), sobre terreno preparado convencionalmente con barbecho, rastra y doble rastra o cruzado, de tal manera que la cama de siembra garantizó las mejores condiciones posibles para el establecimiento de las plantas. La siembra se hizo con plantas de aproximadamente 75 cm de altura, previamente producidas bajo condiciones de invernadero. En cada parcela experimental se sembraron seis surcos de 8 m de largo, con 50 cm de separación entre surcos y 50 cm de separación entre plantas, dentro del mismo surco. Las parcelas fueron rectángulos de 3.5 m de ancho por 8 m de largo (28 m²). La distancia entre parcelas dentro de una misma hilera y entre hileras fue de 2.0 m. La parcela experimentalmente fue de 12 m² dentro del rectángulo, con 0.75 m libres a los lados y 1.0 m libre en las cabeceras, para evitar el efecto de orilla, bajo un diseño experimental bloques completos al azar, con un arreglo de parcelas subdivididas y cuatro repeticiones. El factor de bloqueo fue la pendiente del terreno que es aproximadamente 25%. En parcelas de 3 x 6 m se realizó un corte de uniformidad en





2011, que se realizó a los 100 cm de altura de la planta; durante este corte todas las plantas se defoliaron completamente. Posteriormente se eliminó un metro de cada lado y del centro se obtuvo el material vegetativo. El marco para muestrear en cada frecuencia de corte fue de 2.0 m², colocado lo más al centro posible, cubriendo los cuatro surcos centrales. Una vez que se logró el correcto establecimiento de las parcelas, cada una de las especies en estudio fue cosechada a las 6, 9 y 12 semanas de rebrote durante todo el año. Para evaluar el efecto de época se consideró: época de lluvias, periodo del 15 de junio al 14 de octubre; nortes, entre el 15 de octubre y el 14 de febrero; y secas, entre el 15 de febrero y el 14 de junio. Para la evaluación de la calidad del forraje se cortó todo el material potencialmente comestible que produjeron dos plantas de cada uno de los cuatro surcos centrales, durante tres años consecutivos. Las ocho plantas seleccionadas fueron identificadas y fueron las únicas que se muestrearon durante toda la fase de producción. El material cosechado incluyó hojas completas (incluyendo pecíolo) y ramitas de rebrotes tiernos emergidos durante el previo periodo de recuperación (6, 9 o 12 semanas). Todo el material cosechado se pesó en fresco y se tomó una submuestra de 800 g que se colocó en bolsa de papel y se secó en estufa de aire forzado a 55°C por 48 h o hasta peso constante. Para evitar efectos desfavorables entre alturas del rebrote adyacente, las frecuencias no fueron aleatorias, se arreglaron en orden ascendente empezando con 6 semanas en un extremo de la parcela y acabando con 12 semanas en el extremo opuesto. Este material se conservó en refrigeración a 3°C hasta la determinación química en el laboratorio.

La determinación de los elementos minerales se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM. Las muestras se identificaron, secaron y molieron en un molino Thomas Willey con criba de 1 mm, se almacenaron en bolsas de plástico herméticamente cerradas. Para la posterior determinación de los elementos minerales se pesó 1 g del forraje y se incineró en crisoles de porcelana previamente identificados, en una mufla a 550°C durante 16 h. Posteriormente, las cenizas se pesaron en una balanza analítica. Al terminar el pesaje, a cada crisol se le adicionaron 15 mL de ácido clorhídrico (1+3) y se realizó una digestión ácida en una parrilla de calentamiento a 250°C durante 10 minutos. Las muestras se filtraron y aforaron a 25 mL con agua des-ionizada. Estas soluciones se almacenaron en recipientes de plástico de 60 mL, con tapa de rosca y permanecieron en un anaquel del laboratorio hasta su posterior análisis.





La determinación de los elementos minerales: Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica (985.35; AOAC, 2005); la determinación de Na fue por el método de emisión atómica. Para ambos métodos se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer TM modelo 3110, Northwalk, E.U.A.), de acuerdo con las condiciones de trabajo especificadas por el fabricante. El P se cuantificó por espectrofotometría de luz ultra violeta (UV) visible, utilizando la técnica de molibdo vanadato (965.17, AOAC, 2005).

Análisis estadístico

El contenido de los elementos minerales (Ca, P, Na, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn) en el forraje producido por especie, época y edad al corte, se analizó estadísticamente usando el paquete SAS (2001) bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + X_k + \sigma_{ij} + \lambda_{ik} + \delta_{jk} + \eta_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación de la i -ésima especie, cortada a la j -ésima época, en la k -ésima edad de corte.

μ = Media general

α_i = efecto de la i -ésima especie (parcela principal)

β_j = efecto debido a la j -ésima época del año.

X_k = efecto de la k -ésima edad al corte.

σ_{ij} = efecto de la interacción especie x época.

λ_{ik} = efecto de la interacción especie x edad al corte.

δ_{jk} = efecto de la interacción época x edad al corte.

η_{ijk} = efecto de la interacción especie x época x edad.

ϵ_{ijkl} = error experimental.

Se asume que el error experimental es de distribución normal, independiente, con media cero y varianza sigma cuadrada [$\epsilon \sim NI(0, \sigma^2)$]. La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey y para la edad de corte se utilizaron polinomios ortogonales (Cochran y Cox, 1995).





Resultados y discusión

Los Cuadros 1, 2 y 3 muestran los resultados de la concentración de macrominerales en las leguminosas (Ca, P, Mg, Na, K). Hubo efecto de la interacción especie x época x edad a la cosecha ($P < 0.05$) en contenido de sodio y potasio; en este último, la mayor concentración se registró en Cratilia en el follaje cosechado en secas a 6 semanas (3.62%), mientras que la menor cantidad se registró en Cocuite en nortes a las 9 semanas. En cuanto al contenido de Na la mayor concentración (0.17%) se registró en nortes en Leucaena a las 6 semanas de edad, y la menor concentración (0.03%) correspondió a la misma especie en época de lluvias a las 9 semanas de edad de las hojas al corte. En cuanto al contenido Ca, P y Mg no hubo efecto de la interacción especie x época x edad al corte ($P > 0.05$), tampoco hubo diferencia debida a especie ni época del año ($P > 0.05$), principalmente debido a que se manifestó gran variación en el contenido entre los tratamientos. En general, la cantidad de Ca varió entre 2.02 y 1.03%; sin embargo, la prueba de Tukey manifestó diferencias entre tratamientos. Las especies fueron similares en el corte a 6 semanas, pero difirieron ($P < 0.05$) con el corte realizado en lluvias en CA y GS a 9 semanas; y en secas y lluvias en estas mismas especies a las 12 semanas.

Cuadro 1. Concentración de macro minerales a seis semanas de rebrote, en secas (1), nortes (2) y lluvia (3), en tres leguminosas.

Factor	Semanas	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (g/kg)	K (mg/kg)
Cratilia (1)	6	14756 ab	2755.0 c	5992.6 a	425 hg	36197 a
Leucaena	6	15823 ab	2555.5 c	5289.1 a	359 h	20639 ghij
Cocuite	6	16549 ab	3617.6 abc	7549.9 a	591 efgh	33544 abc
Cratilia (2)	6	20197 ab	4362.8 abc	8131.9 a	1075 bcdef	32248 abcd
Leucaena	6	19175 ab	3849.4 abc	7622.9 a	1671 a	35129 ab
Cocuite	6	16992 ab	3685.3 abc	7402.1 a	1344 abc	31067 abcde
Cratilia (3)	6	14393 ab	2930.0 bc	7499.9 a	985 bcdefg	30449 abcde
Leucaena	6	14139 ab	2726.2 c	5613.6 a	1387 ab	27262 bcdefghi
Cocuite	6	14098 ab	2697.7 c	6051.5 a	1114 abcde	23493 efghij



Cuadro 2. Concentración de macro minerales a nueve semanas de rebrote, en secas (1), nortes (2) y lluvia (3), en tres leguminosas.

Factor	Semanas	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (g/kg)	K (mg/kg)
Cratilia (1)	9	13307 b	4458.6 abc	7024.9 a	627 efgh	27301 bcdefghi
Leucaena	9	19107 ab	3778.4 abc	7871.3 a	804 bcdefgh	20977 ghij
Cocuite	9	13672 b	3197.8 abc	7705.4 a	786 cdefg	27963 abcdefgh
Cratilia (2)	9	13726 b	5277.5 a	6591.5 a	511 fgh	18599 ij
Leucaena	9	15809 ab	5249.3 a	6434.1 a	656 efgh	18184 j
Cocuite	9	16782 ab	5171.6 ab	6506.7 a	536efgh	18117 j
Cratilia (3)	9	15893 ab	4597.5 abc	7672.8 a	699 efgh	32733 abcd
Leucaena	9	18179 ab	3542.4 abc	6264.7 a	274 h	19735 hij
Cocuite	9	12600 b	4165.7 abc	7977.3 a	489 fgh	28581 abcdefg

Cuadro 3. Concentración de macro minerales a doce semanas de rebrote, en secas (1), nortes (2) y lluvia (3), en tres leguminosas.

Factor	Semanas	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Na (g/kg)	K (mg/kg)
Cratilia (1)	12	13238 b	3208.8 abc	6842.2 a	333 h	33693 abc
Leucaena (1)	12	17090 ab	3196.8 abc	6702.8 a	334 h	24798 defghij
Cocuite(1)	12	10913 b	3203.7abc	8195.2 a	475 hg	25853 cdefghij
Cratilia (2)	12	16255 ab	4017.8 abc	5069.5 a	438 hg	26647 bcdefghij
Leucaena(2)	12	11917 b	4195.1 abc	4969.4 a	642 efgh	29870 abcdef
Cocuite(2)	12	16646 ab	3307.1 abc	6590.6 a	1316 abcd	21735 fghij
Cratilia (3)	12	13505 b	2598.0 c	8489.3 a	678efgh	28983 abcdefg
Leucaena(3)	12	16483 ab	2794.3 c	6676.5 a	747 defgh	22474 efghij
Cocuite(3)	12	11976 b	2844.3 c	8582.0 a	446 hg	27429 bcdefgh

Para el contenido de fósforo hubo diferencia por efecto de especie ($P < 0.05$; el registro fue 0.38%^a para CA, y 0.35% para LL), también por efecto de época ($P < 0.01$; la cantidad fue 0.43, 0.33 y 0.32% correspondiente a nortes, secas y lluvias, respectivamente); y en cuanto a la edad, el efecto fue cuadrático ($P < 0.01$; 0.44, 0.33 y 0.32% correspondiente a 9, 12 y 6 semanas, respectivamente).

Para el contenido de Mg no hubo variación por efecto de los factores en estudio ($P > 0.05$); la concentración de todos los tratamientos se registró en el intervalo 0.49 y 0.81%. Los valores relacionados con la edad fueron: 0.7, 0.69 y 0.67%, para 9, 12 y 6 semanas, respectivamente. La época presentó valores similares ($P > 0.05$; 0.72% para lluvias o secas, y





0.66% para nortes). Por especie, el contenido de este elemento fue 0.74% en GS, 0.70% en CA y 0.64% en LL.

El contenido de elementos minerales traza entre tratamientos se muestra en el Cuadro 4. En el contenido de elementos minerales traza Fe y Zn, y digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) se registró efecto significativo ($P < 0.01$) de especie x época x edad a la cosecha en Fe, Zn y DIVMS; en Cu hubo efecto de la interacción especie x época ($P < 0.05$); en Mn de la interacción ($P < 0.05$) época x edad al corte y efecto de edad de las leguminosas. En cuanto al contenido de Fe, la concentración por especie fue ($P < 0.05$) 201, 193 y 146 ppm en LL, GS y CA, respectivamente. Por época, la concentración de este mineral fue ($P < 0.05$) 245, 175 y 119 ppm, para nortes, lluvias y secas, respectivamente. La edad tuvo un efecto cuadrático sobre la cantidad de Fe ($P < 0.05$; 204.5, 185.3 y 150.5 ppm correspondiente a 12, 6 y 9 semanas, respectivamente).

El Cu tuvo concentraciones bajas en las leguminosas de este estudio; la concentración por especie fue ($P < 0.05$) 7.81, 6.95 y 6.40 ppm en LL, GS y CA, respectivamente. Por época, la cantidad fue ($P < 0.05$) 7.58, 7.18 y 6.41 ppm para secas, nortes y lluvias, respectivamente. La edad tuvo un efecto lineal ($P < 0.05$) sobre el contenido de Cu; las cantidades fueron: 8.22, 7.56 y 5.38 ppm a las 6, 9 y 12 semanas, respectivamente.

El Mn fue el elemento mineral que registró las concentraciones más bajas. Por especie, las cantidades fueron ($P > 0.05$) 2.04, 2.02, y 1.96 ppm para LL, CA y GS, respectivamente. Por época, la concentración fue ($P > 0.05$) 2.02, 2.00 y 1.99 ppm en nortes, secas y lluvias, respectivamente. La edad manifestó efecto lineal de disminución del contenido de Mn al aumentar de 6, 9 a 12 semanas; los valores fueron ($P < 0.05$) 2.93, 1.80 y 1.29 ppm, respectivamente.

En cuanto al contenido de Zn, hubo efecto ($P < 0.01$) de la interacción especie x época x edad a la cosecha. Por especie, la concentración fue ($P > 0.05$) 27.04, 19.05 y 17.09 ppm para LL, CA y GS, respectivamente. En cuanto a época, la concentración de Zn fue ($P > 0.05$) 23.07, 20.53 y 19.59 ppm en nortes, secas y lluvias, respectivamente. La edad manifestó efecto lineal de disminución del contenido de Zn al aumentar de 6, 9 a 12 semanas; los valores fueron ($P < 0.05$) 23.5, 21.8 y 17.8 ppm, respectivamente. De acuerdo con Torres *et al.* (2008), el contenido de elementos minerales en las especies forrajeras y su composición varían en función a los elementos minerales presentes en el suelo. Por tal razón, hay que utilizar con





criterio la información registrada acerca del contenido mineral de los alimentos (Underwood y Suttle, 1999). En cuanto al porcentaje de DIVMS hubo efecto ($P < 0.01$) de la interacción especie x época x edad a la cosecha. La digestibilidad en general coincidió con otros reportes de la literatura (Juárez *et al.*, 2009; Palma *et al.*, 1995) y fue similar a la DIVMS en otro estudio realizado por el mismo grupo de investigación en leguminosas introducidas al centro de Veracruz. Por especie, la DIVMS fue ($P > 0.05$) 62.70% 57.99 y 54.18% para CA, LL y GS, respectivamente. En cuanto a época, la DIVMS fue ($P > 0.05$) 59.52, 59.38 y 55.98% en secas, lluvias y nortes, respectivamente. La edad manifestó efecto lineal ($P < 0.05$) de disminución de la DIVMS al aumentar de 6, 9 a 12 semanas la edad al corte, los valores fueron ($P < 0.05$) 66.53, 57.60 y 50.74%, respectivamente (Cuadros 5 y 6).

Cuadro 4. Concentración de micro minerales y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, a seis semanas de rebrote, en secas (1), nortes (2) y lluvia (3), en tres leguminosas.

Factor	Semanas	Fe, mg/kg	Cu, mg/kg	Mn, mg/kg	Zn, mg/kg	DIVMS*
Cratilia (1)	6	88.14j	8.87abc	1.99defghi	30.86ab	70.67ab
Leucaena	6	119.95ghij	9.11ab	1.77efghij	18.45fghij	59.99cde
Cocuite	6	135.70fghij	8.06abcd	1.99defghi	19.73efghi	60.27cde
Cratilia (2)	6	152.90efghij	7.21bcde	2.35bcdef	28.33abc	76.02a
Leucaena	6	255.05bcd	8.14abc	2.13defgh	22.02cdefg	71.39ab
Cocuite	6	216.35cdef	8.52abc	1.78efghij	22.64cdefg	65.28bcd
Cratilia (3)	6	180.14defghi	9.01ab	1.35hij	25.67abcd	56.03e
Leucaena	6	285.67abc	7.98abcd	1.42ghij	20.14efghi	73.31ab
Cocuite	6	233.43bcde	7.10bcde	1.40ghij	23.67cdef	65.82bcd

Cuadro 5. Concentración de microminerales y digestibilidad *in vitro* de la materia seca a nueve semanas de rebrote, en secas (1), nortes (2) y lluvia (3), en tres leguminosas.

Factor	Semanas	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	DIVMS*
Cratilia (1)	9	101.45hij	7.91abcd	0.99j	23.82cdef	68.21abc
Leucaena (1)	9	140.44fghij	10.11a	1.21ij	21.84defgh	66.03bcd
Cocuite (1)	9	107.76ghij	6.74bcde	1.06j	15.39hijk	59.11de
Cratilia (2)	9	188.49defgh	6.97bcde	1.30hij	32.28a	54.90ef
Leucaena (2)	9	262.60bcd	8.99ab	1.63fghij	22.09cdefg	46.33ghi
Cocuite (2)	9	307.72ab	7.21bcde	1.78efghij	18.58fghij	45.79hi
Cratilia (3)	9	67.22j	6.92bcde	1.21ij	31.87ab	65.13bcd
Leucaena (3)	9	96.58ij	7.04bcde	1.28hij	16.57ghijk	59.42de
Cocuite (3)	9	81.96j	6.15cdef	1.13ij	14.41ijk	53.48efgh





Cuadro 6. Concentración de micros minerales y digestibilidad *in vitro* de la materia seca a doce semanas de rebrote, en secas (1), nortes (2) y lluvia (3), en tres leguminosas.

Factor	Semanas	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	DIVMS*
Cratilia (1)	12	79.25j	5.62def	3.13abc	23.14cdef	57.88de
Leucaena (1)	12	108.62ghij	7.16bcde	3.14abc	18.44fghij	47.38fghi
Cocuite (1)	12	190.54defg	4.67ef	2.73abcd	13.07jk	46.13 hi
Cratilia (2)	12	217.27cdef	5.38def	2.35bcdef	27.35abcd	54.54efg
Leucaena (2)	12	247.19 bcd	6.80 bcde	2.28 cdefg	19.19 efghij	43.22 i
Cocuite (2)	12	361.77a	5.38def	2.56bcde	15.13ijk	46.33ghi
Cratilia (3)	12	242.14 bcd	4.67ef	3.49a	20.07 efghi	60.93cde
Leucaena (3)	12	295.17abc	4.97ef	3.49a	12.73 jk	54.83ef
Cocuite (3)	12	98.32ij	3.81f	3.21ab	11.16 k	45.45hi

Conclusiones

1.- En las tres leguminosas, el contenido de sodio, potasio, hierro y zinc, así como la DIVMS, se modifica por efecto de la interacción especie x época x edad al corte. En cambio, el cobre manifestó efecto de la interacción especie x época; el Mg y el Mn registraron efecto de la interacción época x edad al corte; mientras que el fósforo se modificó por efecto de especie, época y edad de la leguminosa al corte. Excepto Ca, Mg y Mn, todos los demás elementos minerales analizados y la DIVMS mostraron un contenido distinto debido a especie, época o edad de la leguminosa al corte. 2.- El aumento de la edad al corte disminuyó (efecto lineal) el contenido de Na, K, Cu, Zn y DIVMS. El P, Fe y Mn manifestaron un efecto cuadrático, mientras que el Ca y el Mg no manifestaron efecto debido a la edad de la leguminosa al corte. 3.- Se deben analizar los elementos minerales en las leguminosas evaluadas, en función a especie, época y edad al corte, ya que utilizar un solo valor como el que se registra en las tablas de composición de los alimentos, produce errores en la nutrición de los rumiantes.





Literatura citada

- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 18th ed. USA: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1995. Diseños experimentales. 2a. ed. Trillas. 1990 (reimp. 1995). 661 p.
- Juárez, R. A. S., Cerrillo S.M.A., Gutiérrez O.E., et al., 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. *Téc. Pecu. Méx.* 47(1):55-67.
- Maass, B. L. 1995. Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. En: Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Pizarro, E. A. y L. Coradin (eds.). EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*. 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, Brasil. Pp. 62-74.
- Montero, L. M. 1998. Determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. INIFAP. 21-29. México.
- Palma, G. J. M, C. Delgado, A. Moya y M. Aguirre. 1995. Composición química y digestibilidad de tres leguminosas arbóreas. Memorias del Primer Simposium Estatal de Ciencia y Tecnología. Universidad de Colima. Colima, México. P. 6.
- Pizarro, E. A. 2005. Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad Federal de Paraná, UFPR. <https://es.scribd.com/document/339631638/Esp-arbust-y-gramineas-tropico-pdf>.
- Pizarro, E. A., M. A. Carvalho y A. K. B. Ramos. 1995. Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado Brasileño. En: Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Pizarro, E. A. y L. Coradin (eds.). EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*. 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, Brasil. Pp. 40-49.
- SAS Institute. 2001. The SAS system for Windows.
- Sierra, J. and P. Nygren. 2006. Transfer of N fixed by a legume tree to the associated grass in a tropical silvopastoral system. *Soil Biology and Biochemistry* 38:1893-1903.





- Sobrinho, J. M. y M. R. Nuñez. 1995. Estudos desenvolvidos pela empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária com *Cratylia argentea*. En: Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera. Pizarro, E. A. y L. Coradin (eds.). EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Memorias del taller sobre *Cratylia*. 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, Brasil. Pp. 53-61.
- Sosa, R. E. E, R. D. Pérez, R. L. Ortega y B. G. Zapata. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc. Pecu. Méx.*, 42(2):129-144.
- Torres, R. J. A. 2008. Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles en la producción ovina (memorias). II Congreso Rentabilidad de la Ganadería Ovina. Querétaro, Qro., México.
- Torres, C. E. J., R. E. E. Sosa, R. A. F. Castellanos, B. A. O Gutiérrez y S. J. H. Ramírez. 2009. Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México. *Vet. Méx.* 40(2):167-179.
- Underwood, E. and N. Suttle. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd Ed. Oxford, U.K.: CAB International. P. 614.





ALIMENTACIÓN DURANTE EL PERÍODO DE TRANSICIÓN DE VACAS EN EL TRÓPICO Y SU RESPUESTA A LA IATF POSPARTO

Juan P. Zárate Martínez^{149*}, Ángel Ríos Utrera¹⁴⁹, Maribel Montero Lagunes¹⁴⁹, Jaime Rangel Quintos¹⁴⁹ y Abraham Frago Islas¹⁵⁰

Resumen

El objetivo fue mejorar la eficiencia reproductiva a través de una eficiente alimentación, potencializada con protocolos hormonales que acorten el tiempo al primer estro fértil en los sistemas de producción bovina del trópico de México. Se utilizaron 13 vacas multíparas Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú, las cuales ingresaron al estudio 21 días antes del parto y fueron alojadas en corrales individuales hasta los 112 días posparto. Desde el período preparto, a todas las vacas se les ofreció una cantidad fija de concentrado (T1= 5 kg y T2 = 3.5 kg) con 16% de PC y 70% de TND y pasto de diferentes variedades de *Pennisetum purpureum* a libertad. A partir del parto, las vacas se ordeñaron manualmente, una vez al día, con el apoyo del becerro. Ocho horas después del ordeño, los becerros se amamantaron a libertad y se separaron de su madre hasta el día siguiente. Se estimó el consumo voluntario (CV) diario por diferencia de alimento ofrecido menos rechazado. El diseño experimental aplicado fue un completamente al azar. La variable dependiente fue consumo de materia seca (MS). Se utilizó tratamiento (T) como efecto fijo. Días posparto (DPP), calificación de condición corporal (CC), y tasa de concepción se consideraron como variables dependientes y se analizaron con el procedimiento GLM del programa SAS. Para el análisis de tasa de concepción por tratamientos se hizo una prueba Ji Cuadrada. El rechazo de forraje fue mayor ($P \leq 0.05$) en las vacas del T2; esto se debe a que un mayor contenido de fibra limita un mayor consumo. El consumo de MS mostrado durante el período de transición confirmó que después del día 60 posparto aumenta el CV de forraje. El uso de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) permitió servir a las vacas durante el periodo de espera voluntario, independientemente del estado de ciclicidad en que se encontraban,

¹⁴⁹Campo Experimental La Posta-INIFAP. *zarate.juan@inifap.gob.mx.

¹⁵⁰Sitio Experimental Las Margaritas. Campo Experimental La Posta-INIFAP.





aumentando la tasa de servicios. Las vacas del T1 tuvieron una mayor tasa de gestación ($P < 0.05$). Una vez maximizado el consumo voluntario de la dieta, manteniendo una condición corporal de 3, se puede mejorar la eficiencia del comportamiento reproductivo de vacas en el trópico húmedo.

Palabras clave: parto, postparto, consumo, eficiencia reproductiva

Introducción

La ganadería lechera con manejo de doble propósito en el trópico húmedo de México basa su alimentación en dietas casi exclusivas de forraje, tanto en la etapa parto como postparto. En ciertos casos, estas dietas son suplementadas después del parto con alimentos concentrados. Es conocido que existe una etapa prioritaria de atención de la vaca tres semanas antes del parto y tres semanas después del parto, denominando a este periodo “transición” (Hans, 2008). Sin embargo, en la mayoría de los sistemas con manejo doble propósito esta etapa es totalmente ignorada. Este periodo se caracteriza por una disminución del consumo de alimento, cuya recuperación se produce de una a dos semanas después del parto. Esta caída del consumo de alimento genera un desbalance nutricional entre los requerimientos nutricionales y los nutrientes consumidos, ocasionando principalmente un desbalance energético negativo en el inicio de la lactancia. Para disminuir los factores de riesgo del período de transición, es importante lograr una progresiva adaptación del rumen, en especial en aquellas dietas donde existen desafíos de cantidad y calidad de alimento, implementar estrategias de suplementación vitamínico-mineral o los nutrientes antioxidantes que mitiguen el estado de inmunosupresión, estrés metabólico y oxidativo en la gestación y lactación, y de esta manera prevenir, en vez de luchar con estos problemas, y así lograr un impacto sobre el comportamiento reproductivo y productivo (Hans, 2008). Ignorar o descuidar estos aspectos ocasiona que la vaca tarde más tiempo en quedar preñada nuevamente (días abiertos) y que se requiera mayor número de servicios para preñarla, lo cual va contra la economía y la eficiencia del hato. El mejoramiento de los esquemas de manejo con destete temporal, para reiniciar la actividad ovárica, inducción y sincronización de la ovulación, y una





alimentación funcional deben contribuir a mejorar el comportamiento reproductivo del ganado bovino cruzado en el trópico (Zárate *et al.*, 2011).

Materiales y métodos

El estudio se realizó de agosto de 2017 a enero de 2018 en el Campo Experimental La Posta, CIRGOC, INIFAP, ubicado en Paso del Toro, Ver., en el km 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba. El clima de la región es Aw, caliente, subhúmedo, con temperaturas y precipitación promedio anual de 25°C y 1461 mm, respectivamente, y humedad relativa de 75% (García, 1989). La posición geoespacial comprende los paralelos 19°02' de Latitud Norte y 96°08' de Longitud Oeste, a una altitud de 16 m. Se utilizaron 13 vacas multíparas Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú, las cuales ingresaron al experimento 21 días antes del parto y fueron alojadas en corrales individuales hasta los 112 días posparto. Durante el período preparto, a todas las vacas se les ofreció una cantidad fija de concentrado (T1= 5 kg y T2 = 3.5 kg) con 16% de PC y 70% de TND, más forraje de diferentes variedades de *Pennisetum purpureum*, a libertad. Al parir, las vacas se ordeñaron una vez al día con el apoyo del becerro; a las ocho horas después del ordeño, los becerros se amamantaron a libertad y se retiraron hasta el día siguiente. Se estimó el consumo voluntario (CV) diario por diferencia de alimento ofrecido menos el rechazado. La primera vaca que parió se asignó al T1, la siguiente al T2, y así sucesivamente, hasta completar 8 y 7 repeticiones por tratamiento, respectivamente. En el Cuadro 1 se presenta la formulación del concentrado. En el Cuadro 2 se muestra el arreglo de los tratamientos con los porcentajes (MS) de concentrado (57 y 45), forraje (43 y 55), y fibra detergente neutro (FDN: 42 y 50) para los tratamientos 1 y 2, respectivamente.

El forraje se ofreció a libertad, se pesó lo ofrecido y al día siguiente el sobrante. Por diferencia de lo ofrecido menos el sobrante, se estimó el forraje consumido por día. De acuerdo al requerimiento nutricional de vacas, estimado por el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS, versión 6.0) con base en producción de leche, se asignó la cantidad de concentrado individual para cada uno de los tratamientos experimentales.



Cuadro 1. Formulación del concentrado para los dos tratamientos experimentales de vacas de doble propósito en el trópico.

Ingrediente	Porcentaje
Maíz molido	43.5
Sorgo molido	21.0
Salvado de trigo	12.0
Pasta de soya	10.0
Melaza	10.0
Vitaminas y minerales (Beef Master©)	2.0
Aceite de soya	1.0
Urea, grado alimenticio	0.5

Cuadro 2. Composición de las raciones (%) para los tratamientos experimentales de vacas de doble propósito en el trópico.

Tratamiento	1	2
Concentrado	57	45
Forraje	43	55
FDN	42	50

El contenido de nutrientes en la dieta se determinó tomando cada 15 días muestras del forraje y del concentrado ofrecido durante el período experimental o cada vez que se tenía un lote nuevo en el caso del concentrado, para realizar análisis de composición química. El forraje y los concentrados se analizaron en el Laboratorio de Nutrición y Forrajes del Campo Experimental La Posta (CIRGOC, INIFAP). Se tomaron dos muestras de 500 g c/u: una se secó a 100°C durante 24 h para determinar contenido de MS, la otra se secó a 55°C durante 48 h. Esta última se molió en un molino Wiley (Model 4, Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA) y se pasó por malla de 1 mm. Se determinó contenido de MS, cenizas, grasa cruda y proteína cruda (Van Soest *et al.*, 1991). La condición corporal (CC) se tomó cada 14 días. Para evaluar la dinámica folicular durante los tratamientos, se tomaron imágenes cada tercer día a partir del día 30 postparto con un ultrasonido bug marca BCF Innovative Imaging con escáner de 7.5 MHz, hasta el día en que se presentó un folículo ≥ 10 mm de diámetro y éste resultó en un cuerpo lúteo (CL). En el tratamiento uno (T1; n= 7), a partir de la aparición de un CL o a más tardar el día 70 postparto, a todas las vacas se les indujo el estro y la ovulación con un solo protocolo que constó de un CIDR que contenía 1.9 g de progesterona, el cual fue considerado como el día cero, más 2 mg de benzoato de estradiol. Se retiró el





CIDR a los ocho días, aplicando una inyección IM con 25 mg de PGF_{2α}. En el día nueve se aplicó 0.5 mg de cipionato de estradiol, se pintaron las vacas y en el día 10 (54 h posteriores al retiro del CIDR) se realizó la inseminación artificial de vacas despintadas y vacas pintadas (60 h posteriores al retiro del CIDR) más 2μg de GnRH. Se destetó a los becerros por 72 h, comenzado en el momento de remoción del CIDR. El tratamiento dos (T2; n=7) fue similar al T1, pero recibió la suplementación con (MS) concentrado (45%), forraje (55%) y fibra detergente neutro (FDN: 50; grupo control). El diseño experimental fue un completamente al azar. La variable independiente fue consumo de MS. Se utilizó tratamiento (T) como efecto fijo. Días posparto (DPP), condición corporal (CC) y tasa de concepción como variables dependientes se analizaron por el procedimiento GLM del programa SAS. Para el análisis de tasa de concepción por tratamientos se hizo una prueba Ji Cuadrada (Statistical Analysis System, versión 9.2, 2007).

Resultados y discusión

Comparando T1 y T2 en suplemento concentrado (Cuadro 3), el consumo de forraje en base húmeda mostró diferencias en una mayor ($P < 0.05$) cantidad de rechazo de los animales en el T2; esto se pudo deber a que un mayor contenido de fibra limita un mayor consumo, ya que, al compensar los requerimientos, el animal trata de comer más forraje hasta su límite físico (Zárate *et al.*, 2016).

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar de consumo de ensilado (CEN), rechazo de ensilado (REN), consumo de materia seca en el ensilado (MSE), consumo total de materia seca (ensilado + concentrado; MST) condición corporal (COC) y peso corporal (PEC) de vacas de doble propósito, por tratamiento.

Tratamiento	Característica					
	CEN (kg)	REN (kg)	MSE (kg)	MST (kg)	COC (unidades)	PEC (kg)
1	36.9 ± 1.3a	6.0 ± 0.7a	8.3 ± 0.4a	12.7 ± 0.3a	3.3 ± 0.1a	532 ± 27a
2	39.0 ± 1.1a	8.1 ± 0.5b	9.1 ± 0.3a	11.9 ± 0.3a	3.1 ± 0.1a	524 ± 23a

Medias con distinta literal son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).



En la Figura 1 se puede observar el consumo de MST de los dos tratamientos durante el período de transición de vacas cruzadas Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú, en donde se confirmó que, en este tipo de animales en el trópico, después del día 60 postparto aumenta el consumo voluntario de forraje y suplemento ofrecido (Zárate *et al.*, 2016).

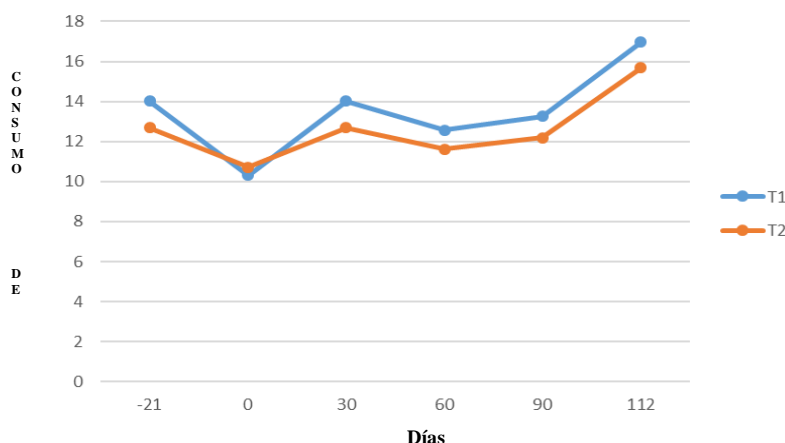


Figura 1. Consumo voluntario de MST por tratamiento, desde tres semanas antes del parto hasta los 112 días pos parto.

En el Cuadro 4 se puede ver el consumo voluntario por genotipo, siendo el mayor consumo de MSE para los genotipos con mayor proporción de Holstein y una mayor condición corporal para el 5/8 Suizo Pardo x 3/8 Cebú.

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar de consumo de ensilado (CEN), rechazo de ensilado (REN), consumo de materia seca en el ensilado (MSE), consumo total de materia seca (ensilado + concentrado; MST) condición corporal (COC) y peso corporal (PEC) de vacas de doble propósito, por genotipo.

Genotipo	Característica					
	CEN (kg)	REN (kg)	MSE (kg)	MST (kg)	COC (unidades)	PEC (kg)
11/16 HO	39.4 ± 2.2a	7.6 ± 1.1a	8.9 ± 0.6ab	13.1 ± 0.6a	3.3 ± 0.2ab	596 ± 47a
3/4 HO	41.0 ± 1.3a	6.7 ± 0.6a	9.7 ± 0.3a	12.8 ± 0.3a	2.8 ± 0.1b	471 ± 26a
3/4 SP	36.0 ± 2.0a	9.2 ± 1.1a	8.5 ± 0.5b	11.6 ± 0.5a	3.2 ± 0.2b	521 ± 47a
5/8 HO	37.2 ± 1.1a	5.9 ± 0.7a	8.6 ± 0.3b	12.1 ± 0.3a	2.9 ± 0.1b	501 ± 24a
5/8 SP	36.2 ± 2.9a	5.9 ± 1.5a	7.6 ± 0.8b	11.7 ± 0.8a	3.8 ± 0.2a	551 ± 47a

Medias con distinta literal son estadísticamente diferentes (P<0.05).





Los problemas reproductivos en el trópico húmedo están condicionados por un sin número de factores: las condiciones ambientales, el manejo, la falta de energía en la dieta, la salud, la infraestructura y los genotipos utilizados; todos estos influyen para no lograr una eficiente reproducción (Moyano *et al.*, 2015).

Como alternativa, el uso de IATF permitió servir a las vacas poco después del periodo de espera voluntario, independientemente del estado de ciclicidad en que se encontraban, aumentando la tasa de servicio (Bó *et al.*, 2008). En este sentido, las técnicas hormonales usadas para acelerar la presentación de la ciclicidad ovárica durante el posparto tienen un gran impacto en la producción bovina (Baruselli *et al.*, 2004).

Las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar, por tratamiento, se presentan en el Cuadro 5. Las vacas que recibieron el T1 tuvieron su primer servicio 17 días antes ($P < 0.05$) que las vacas que recibieron el T2.

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para días a primer servicio (DPS), días abiertos (DA), condición corporal (CC), número de servicios por concepción (NSC), tasa de gestación a primer servicio (TG1) y tasa de estro genital (TEG), por tratamiento.

Tratamiento	Característica					
	DPS	DA	CC	NSC	TEG	TG1
1	72 ± 0.4a	66 ± 3.1a	3.2 ± 0.2a	0.8 ± 0.6a	0.8 ± 0.2a	0.6 ± 0.2a
2	89 ± 0.3b	102 ± 2.3b	3.1 ± 0.1a	1.6 ± 0.8a	0.6 ± 0.2a	0.4 ± 0.2b

Medias con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

Huanca (2012) concluyó que las experiencias desarrolladas en el manejo animal, especialmente en el reconocimiento de la importancia de la alimentación, así como la disponibilidad de nuevas tecnologías reproductivas, permiten disponer de paquetes tecnológicos que puedan contribuir a una mejora de la calidad genética animal, mejorar el comportamiento reproductivo y por ende mejorar los índices de productividad animal.

Finalmente, haciendo énfasis en la eficiencia reproductiva, en este estudio se obtuvo una tasa de preñez total del 100% al segundo servicio, dato que concuerda con el estimado por Zárate *et al.* (2006), quienes señalaron que la sincronización e inducción de la ovulación utilizando IATF mejora su eficiencia reproductiva en vacas durante el postparto.

En el Cuadro 6 se muestran las medias de cuadrados mínimos y sus errores estándar por genotipo de la vaca. Las vacas 3/4 Holstein x 1/4 Cebú, 3/4 Suizo Pardo x 1/4 Cebú y 5/8





Suizo Pardo x 3/8 Cebú tuvieron su primer servicio antes ($P < 0.05$) que las vacas 11/16 Holstein x 5/16 Cebú, 3/8 Holstein x 5/8 Cebú y 5/8 Holstein x 3/8 Cebú.

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para días a primer servicio (DPS), días abiertos (DA), condición corporal (CC) y número de servicios por concepción (NSC), por genotipo.

Genotipo	Característica			
	DPS	DA	CC	NSC
11/16 HO x 5/16 CE	89 ± 0.7b	91 ± 5.2a	3.5 ± 0.3a	1.1 ± 1.5a
3/4 HO x 1/4 CE	74 ± 0.3a	77 ± 2.2a	2.8 ± 0.1a	1.1 ± 0.6a
3/4 SP x 1/4 CE	75 ± 0.6a	57 ± 4.4a	3.1 ± 0.2a	0.6 ± 0.6a
3/8 HO x 5/8 CE	90 ± 0.7b	114 ± 4.6a	3.1 ± 0.2a	2.2 ± 2.4a
5/8 HO x 3/8 CE	90 ± 0.5b	116 ± 3.6a	3.0 ± 0.2a	2.2 ± 1.8a
5/8 SP x 3/8 CE	64 ± 1.0a	48 ± 7.0a	3.3 ± 0.4a	0.6 ± 1.0a

Medias con distinta literal son diferentes ($P < 0.05$).

Conclusiones

1.- El consumo promedio en el tratamiento 1 fue de 13.5 kg y en el tratamiento 2 fue de 12.4 kg de MS. Una vez maximizado el consumo voluntario de la dieta y mantenida una condición corporal de 3, se maximizó también el comportamiento reproductivo de vacas en el trópico, al implementar un programa de sincronización a los 70 días postparto, que aporte niveles altos de progesterona, promoviendo un cuerpo lúteo funcional para mantener la preñez y un aumento del 100% en la detección de estros de vacas elegibles. 2.- Se obtuvo un 60% de tasa de preñez a primer servicio (81 días postparto) y 100% a segundo servicio (106 días postparto). 3.- Las vacas Suizo Pardo x Cebú tendieron a tener un menor consumo de materia seca.

Literatura Citada

Bó, G. A., L. E. Cutaia, A. H. Souza y P. S. Baruselli. 2008. Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. In: Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied. Londrina, Brazil. Pp. 95-110.





- Baruselli, P. S., E. L Reis, M. O. Márquez, L. F. Nasser y G. A. Bó. 2004. Uso de la eCG en biotecnologías reproductivas en bovinos. VIII Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina.
- García, E. 1988. Distribución de los grupos climáticos de Köppen en México. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM, México, D.F.
- Hans, A. S. 2008. La vaca en transición. www.perulactea.com. [Consultado el 09 de julio de 2018].
- Huanca, W. 2012. Alternativas para mejorar el comportamiento reproductivo en ganado bovino cruzado (*Bos taurus* x *Bos indicus*). Arch. Latinoam. Prod. Anim.) www.alpa.org.ve/ojs.index/php [Consultado el 9 de julio de 2018].
- Moyano, J.C., J. C. López, J. Vargas, O. R. Quinteros and P. R. Marini. 2015. Plasmaspiegel von LH (luteinisierendes Hormon), brunstsymptome und qualität der gelbkörper in verschiedenen protokollen, zur synchronisation der brunst in Brown-Swiss-Milchrindern. Züchtungskunde. 87(4):265-271
- SAS (Statistical Analysis System). 2007. User's guide. Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Analysis of forage and fibrous foods. Cornell University, Ithaca, N.Y., USA. 164 pp.
- Zárate-Martínez, J. P., V. D. Hernández H., M. Montero L., F. I. Juárez L., Á. Ríos U. y R. E. Aguilar M. 2016. Actividad ovárica posparto posterior al consumo de tres niveles de fibra detergente neutra en vacas lecheras del trópico. Ciencia y Tecno. Agrop. México. 4(1):1-19.
- Zárate-Martínez, J. P., J. C. Vinay V., O. Cristóbal-Carballo, V. D. Hernández H. y E. Villagómez- Amezcu M. 2011. Efecto de la alimentación con grasas protegidas en vacas de doble propósito. Mesoamerican Journal of Agronomy, Agriculture and Livestock. 22(2):359-366.
- Zárate-Martínez, J. P., J. A. Ramírez-Godínez and F. A. Rodríguez-Almeida. 2006. Estrus synchronization and fertility in Creole cows treated with CIDR, progesterona, b-estradiol and PGF2a. J. Anim. Sci. 84 (Suppl. 2):154.





ENDOPARÁSITOS EN VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) Y VENADO TEMAZATE (*Mazama temama*) EN IXTACZOQUITLÁN, VERACRUZ

Cristina Salmorán Gómez¹⁵¹, Norma Mora Collado^{151*}, Dora Romero Salas¹⁵² y Ricardo Serna
Lagunes¹⁵¹

Resumen

En México existen cuatro especies de venado nativos: el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado bura (*Odocoileus hemionus*), el temazate rojo (*Mazama temama*) y el temazate café (*M. pandora*). Dichas especies son consideradas clave en la ecología de los ecosistemas, tienen un importante rol como herbívoro y como presa. A través del ramoneo, participan en la dispersión de semillas, también como presa clave en el mantenimiento del equilibrio ecológico. En la actualidad, al campo de la parasitología no se le ha dado la importancia necesaria, la cual se traduce en pérdidas por disminución de productividad, aumento de gastos veterinarios, infecciones secundarias e incluso puede llegar hasta la pérdida de ejemplares. Es por eso que el presente trabajo pretende aportar sobre la diversidad de endoparásitos que afectan una población de *O. virginianus* y *M. temama* en condiciones de cautiverio. La presente investigación se realizó en la UMA El Pochote, ubicada en el municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz, en dos épocas del año, periodo de lluvias (septiembre- noviembre) y periodo de secas (marzo- mayo), con el objetivo de determinar en qué periodos del muestreo se tiene mayor presencia de endoparásitos. Se realizó un muestreo de seis ejemplares de *O. virginianus* y cuatro de *M. temama* de diferentes edades y sexos, recolectando muestras fecales; posteriormente se realizó un análisis coproparasitoscópico con una técnica de flotación, mediante una solución saturada de azúcar, con la cual se lograron identificar los siguientes géneros: *Ascaris*, *Eimeris*, *Estrongilido*, *Strongyloides*, *Parascaris*, *Paragonimus* y *Taenia*. En esta investigación no se presentaron resultados significativos entre las épocas de lluvias y secas en las que se realizó

¹⁵¹Unidad de Manejo y Conservación de Recursos Genéticos. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. *dromero@uv.mx.

¹⁵²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana.





el muestreo, pero si en los géneros de endoparásitos identificados; con un análisis de Chi cuadrada se determinó que el sexo y la especie de ciervo son independientes en la presencia de los endoparásitos ($P > 0.05$).

Palabras clave: ramoneo, parasitología, análisis coproparasitológico

Introducción

En México existen cuatro especies de venado nativos: el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el venado bura (*O. hemionus*), el temazate rojo (*Mazama temama*) y el temazate café (*M. pandora*) (Gallina *et al.*, 2007). En el estado de Veracruz se encuentran dos especies de venado, el temazate rojo y el venado cola blanca, que forman parte muy importante en la economía de los pueblos indígenas, debido al consumo de su carne y al uso de sus pieles para la elaboración de prendas de vestir y artesanías, pero también han sido usados en la caza furtiva y en la de subsistencia, produciendo importantes beneficios económicos para las comunidades (Mandujano *et al.*, 2010).

Desafortunadamente, en la actualidad han disminuido de manera notable las áreas de distribución de las poblaciones de venados, incluso se ha presentado extinción de poblaciones locales en algunas áreas (Gallina *et al.*, 2007). La pérdida de vida silvestre está ligada a la utilización excesiva de la misma, así como a la sustitución del hábitat silvestre por terrenos agrícolas y ganaderos. Por este motivo, han sido foco de atención tomar medidas para su conservación. La SEMARNAT (1997) estableció una estrategia para aumentar las poblaciones de estas especies, mediante la implementación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS); la cual consiste en permitir el aprovechamiento de ejemplares y subproductos mediante la utilización directa o indirecta de los recursos de vida silvestre, y que requieren de un plan de manejo para su operación, que además garantice la viabilidad de las poblaciones de organismos que ahí se distribuye, ya sea en modalidad intensiva o extensiva.

En las últimas décadas ha habido un aumento del diagnóstico de enfermedades infecciosas en especies silvestres (Medina-Vogel, 2010); las actividades en las UMAS también





involucran el manejo de los animales, y la presencia de ciertos patógenos, sobre todo en los de vida silvestre y pueden representar riesgos de transmisión de enfermedades que contagien a los animales que habitan en cautiverio (Wobeser, 1994).

Dentro de las patologías más importantes que afectan la salud de los venados, figuran las parasitosis gastrointestinales, principalmente helmintos y protozoarios (Mukul-Yerves *et al.*, 2014). Factores como el clima, la presencia o ausencia de hospederos intermediarios, composición del suelo, tipo de vegetación, calidad de agua, entre otras, influyen en la presencia de parásitos (Quiroz, 2012). Estudios realizados en venado cola blanca silvestre en reservas naturales de los Estados Unidos de América, muestran que la mortalidad de venados por causa de parásitos gastrointestinales es alrededor de 2.7% (Montes *et al.*, 1998). Con base en lo anterior, el presente trabajo pretende aportar sobre la diversidad de endoparásitos que afecta una población de *O. virginianus* y *M. temama* bajo condiciones de cautiverio. Esta necesidad de investigación surge por la falta de estudios de esta índole sobre la fauna silvestre en UMAs (Montes *et al.*, 1998; Aguilar, 2008; Valdés *et al.*, 2010) y es de gran importancia conocer las especies de parásitos que atacan a los cérvidos, ya que pueden afectar su comportamiento reproductivo y productivo (García, 2006). El objetivo de este trabajo fue determinar la frecuencia de endoparásitos en venado cola blanca y venado temazate en la UMA “El Pochote”, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Se identificaron los endoparásitos presentes en cada especie de ciervo y la carga parasitaria en periodos de lluvias (septiembre-noviembre) y secas (marzo-mayo) para cada especie. Además, se comparó la carga parasitaria entre sexos (machos y hembras) para cada especie de cérvido.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la UMA “El Pochote” (Figura 1), ubicada dentro del predio de la empresa Talleres y Aceros (TYASA) S. A., en el municipio de Ixtaczoquitlán, localizada en la zona centro del estado de Veracruz, mismo que se encuentra entre las coordenadas extremas 18°52'13.70" N y 97°02'59.97" O, a 1137 m de altitud. El clima es semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con una temperatura anual que oscila entre los 18 y 24°C y con precipitación pluvial media anual de 1,900-2,600 mm.



Se estudiaron un total de 10 individuos: seis *O. virginianus* y cuatro *M. temama*. Los animales se apreciaban aparentemente sanos y con buena conformación corporal. Se seleccionaron de tal manera que todos fueran adultos y no se encontraran en las mismas jaulas; en el caso de las hembras compartían espacio con tres individuos más, mientras que los machos se encontraban solos en un corral. Se consideraron machos y hembras para el muestreo con el objetivo de realizar un comparativo en la carga parasitaria, y así observar si el sexo tenía alguna influencia.

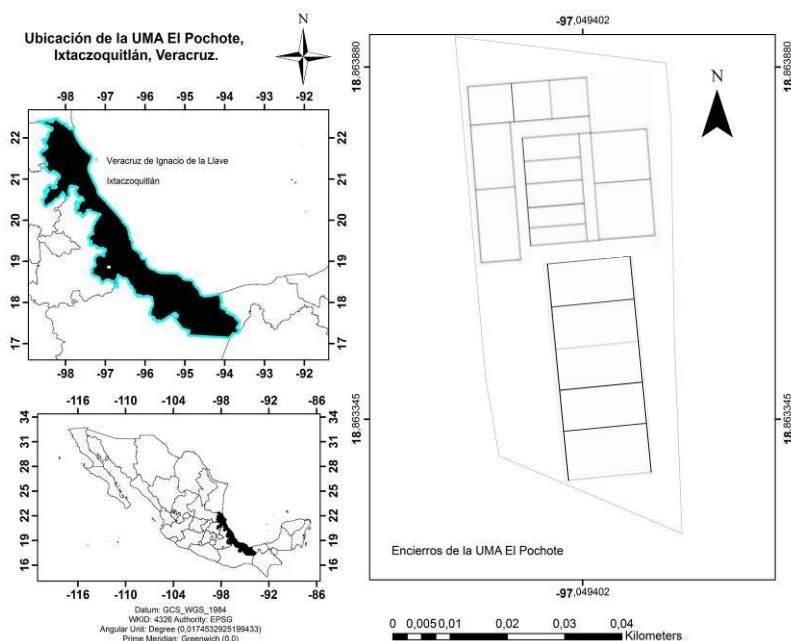


Figura 1. Ubicación de la UMA "El Pochote".

El estudio se realizó en dos épocas de muestreo, para lo cual se consideraron dos periodos: lluvias (septiembre-noviembre) y secas (marzo- mayo), dado que la variación en la presencia de parásitos es diferente en estas épocas (Quiroz *et al.*, 2011). En cada periodo de muestreo se obtuvieron muestras fecales de todos los ejemplares, aprovechando la primera defecación espontánea de los venados, la cual se presentó entre las 6:00 y 9:00 horas. Del grupo fecal, se tomó la porción de la excreta que no estaba en contacto directo con el suelo; de forma manual, usando guantes de látex, se colocaron las muestras y se depositaron en bolsas plásticas con cierre hermético con su respectiva etiqueta de colecta, anotando las características de cada ejemplar. Posteriormente se depositaron en una hielera para que las muestras se mantuvieran a una temperatura de 10°C, aproximadamente. Consecutivamente,

se transportaron al laboratorio de Microscopía Óptica de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana para su respectivo análisis.

Para el análisis coproparasitoscópico se utilizó la técnica de flotación, la cual consiste en la separación de las partículas de mayor y menor densidad, mediante una solución saturada de azúcar (Figura 2). Con ello se logró determinar la presencia de huevos ligeros de nematodos y se identificó el género y/o especie cuando fue posible, a través del tamaño de los diferentes huevos u ooquistes, presentes en la muestra. Para determinar la presencia de parásitos gastrointestinales y número de huevos por gramo de heces (Hpgg), se utilizó la técnica de Mc Master (Liébano y Flores, 1999).

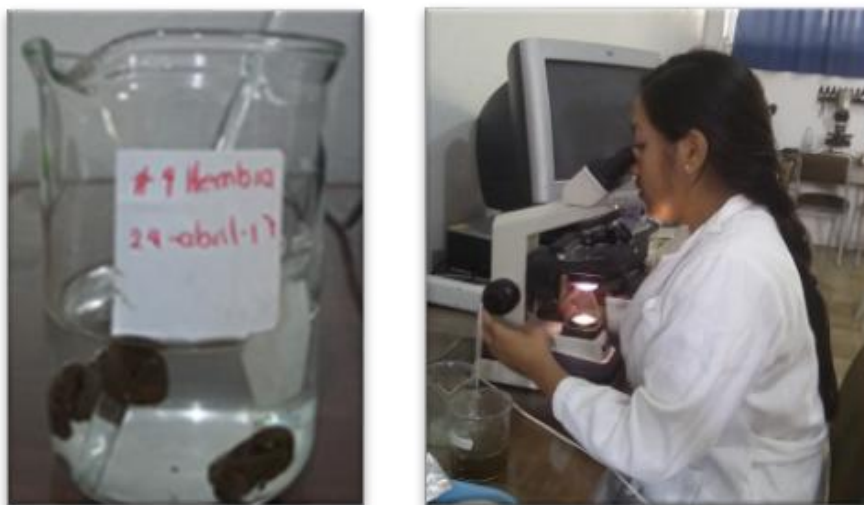


Figura 2. Análisis coproparasitoscópico.

Los organismos encontrados se identificaron mediante comparación en catálogos digitales; adicionalmente se consultaron los libros parasitología veterinaria (Cordero *et al.*, 1999) y parasitología, Enfermedades parasitarias de animales domésticos (Quiroz, 2012). Para determinar la abundancia de los parásitos se utilizó el método de comparación de medias LSD Fisher. En el caso de la incidencia del muestreo se utilizó el método de comparación Tukey. Así mismo, se realizó una tabla de contingencia y posteriormente una Chi Cuadrada para buscar una asociación entre el sexo, las especies de ciervo y la presencia de endoparásitos.

Resultados y discusión

Se recolectaron 60 muestras fecales de dos especies de venado: *O. virginianus* y *M. temama*, en el periodo de lluvias y secas durante 2016 y 2017, respectivamente. Identificándose siete géneros de endoparásitos, con diferente diversidad de individuos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diversidad de endoparásitos en *O. virginianus* y *M. temama* durante la época de lluvias y de secas.

Época	Especie	Parásito	Variable	n	Media	Mínimo	Máximo
Lluvia	<i>M. temama</i>	<i>Ascaris</i> sp.	Abundancia	3	2	0	4
		<i>Eimeria</i> sp.		3	1.67	0	5
		<i>Estrongilido</i> sp.		3	1.67	0	3
		<i>Strongyloides</i> sp.		3	0.67	0	2
		<i>Taenia</i> sp.		3	0.33	0	1
	<i>O. virginianus</i>	<i>Ascaris</i> sp.		3	2.33	0	7
		<i>Eimeria</i> sp.		3	1.67	0	3
		<i>Estrongilido</i> sp.		3	0	0	0
		<i>Paragonimus</i> sp.		3	0.33	0	1
		<i>Parascaris</i> sp.		3	0.33	0	1
Secas	<i>M. temama</i>	<i>Strongyloides</i> sp.	3	0	0	0	
		<i>Ascaris</i> sp.	3	3	3	3	
		<i>Eimeria</i> sp.	3	0.33	0	1	
		<i>Estrongilido</i> sp.	3	0.33	0	1	
		<i>strongyloides</i> sp.	3	0.33	0	1	
	<i>O. virginianus</i>	<i>Taenia</i> sp.	3	0	0	0	
		<i>Ascaris</i> sp.	3	1.33	0	2	
		<i>Eimeria</i> sp.	3	0	0	0	
		<i>Estrongilido</i> sp.	3	1.67	0	5	
		<i>Paragonimus</i> sp.	3	0	0	0	
		<i>Parascaris</i> sp.	3	0.67	0	1	
		<i>Strongyloides</i> sp.	3	0.33	0	1	

En esta investigación no se encontraron resultados significativos entre la incidencia con respecto a las épocas del año, pero si en los géneros de endoparásitos identificados (Cuadro 2).





Cuadro 2. Incidencia del muestreo.

F.V	SC	gl	CM	F	P-valor
Modelo	13.06	8	1.63	2.98	0.0073
Época	0.14	1	0.14	25	0.6196
Especie	1.07	1	1.07	1.95	0.1677
Parásito	11.86	6	1.98	3.61	0.0042*
Error	31.2	57	0.55		
Total	44.26	65			

*Diferencias significativas

La abundancia de los parásitos encontrados no fue alta (Figura 3). Romero *et al.* (2008) mencionan que todos los animales silvestres normalmente son hospederos de diferentes especies de parásitos, con los cuales mantienen un equilibrio. Sin embargo, existen algunas situaciones que debilitan el sistema inmune de los hospederos, tales como la edad, desnutrición y estrés. El género más representativo en ambas especies de ciervos fue el *Ascaris* sp. Cordero *et al.* (1999) mencionan que las especies del orden Ascaroidea se encuentran principalmente en el intestino de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Las especies que más daño causan a los animales domésticos son las que parasitan cerdos, equinos, ganado vacuno, aves de corral, perros, zorros, gatos y mamíferos. Beltrán-Saavedra *et al.* (2008) reportaron la presencia de huevos de nematodos *Áscaris* sp. en primates *Alouatta fusca* y *Alouatta seniculus*, indicando a su cuidador como muy probable fuente de contaminación antroponóica. Si bien, hay que mencionar que para especies de cérvido no se ha reportado. Con un análisis de Chi Cuadrada se determinó que el sexo y la especie de ciervo son independientes en la presencia de los endoparásitos ($P > 0.05$).

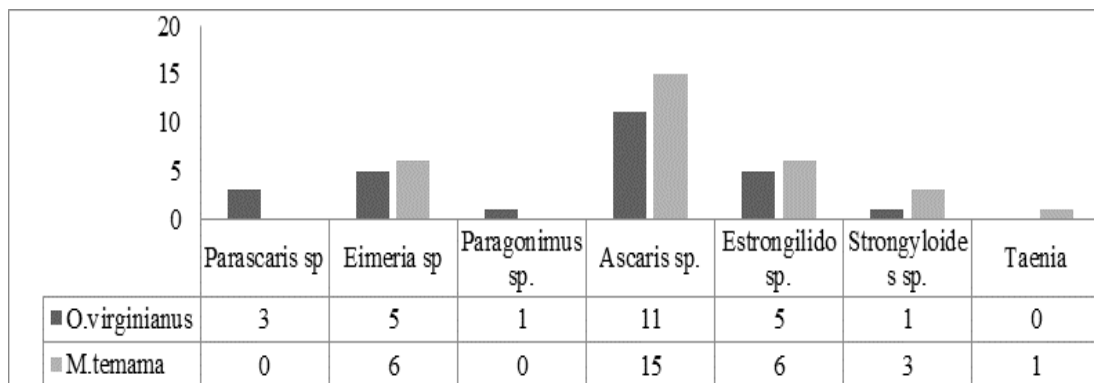


Figura 3. Abundancia de endoparásitos en ciervos.





Conclusiones

1.- A través del análisis coproparasitológico se identificaron: *Ascaris* sp. con una mayor presencia en los ciervos, seguida de *strongilido* sp. y *Eimeria* sp., y los parásitos con mayor abundancia fueron *Strongyloides*, *Parascaris*, *Paragonimus* y *Taenia*. 2.- No hubo diferencias significativas en las épocas en la que se realizó el muestreo, además no existió una asociación estadística entre la presencia de parásito con respecto al sexo de los ciervos.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Peñuela, por haber permitido el uso del material y equipo del laboratorio y cubículo de microscopía óptica.

Literatura citada

- Aguilar, R. 2008. Gusanos parásitos de fauna silvestre. Algunas formas de estudio. *Ciência e Cultura* 15:55-61.
- Beltrán-Saavedra, L., P. Martín y J. L. Gonzales. 2008. Estudio coproparasitológico de mamíferos silvestres en cautiverio con destino a relocación en Santa Cruz, Bolivia. *Veterinaria Zootecnista* 51-60.
- Cordero, M., F. Rojo, A. Martínez, C. Sánchez, S. Hernández, J. Navarrete y M. Carvalho. 1999. *Parasitología Veterinaria*. Mc Graw-Hill Interamericana, España.
- Gallina, S., S. Mandujano y C. Delfín-Alfonso. 2007. Importancia de las áreas naturales protegidas para conservar y generar conocimiento biológico de las especies de venados en México. Hacia una cultura de conservación de la biodiversidad biológica (Halffter, G., S. Guevara, y A. Melic, Coords.). *Monografías Tercer Milenio*. 6:187-196.
- García, R. C. 2006. *Parasitosis del ciervo ibérico español*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.





- Liébane, H. E y C. J. Flores. 1999. Identificación de larvas infectantes de nematodos gastroentéricos en bovinos y ovinos de México. En: Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Parasitología Veterinaria Ed. Diagnóstico de las nematodosis gastrointestinal de los rumiantes en México. Memoria Técnica. Mor., México. Pp. 23-40.
- Medina-Vogel, G. 2010. Ecología de enfermedades infecciosas emergentes y conservación de especies silvestres. Archivos de Medicina Veterinaria 42(1):1124.
- Mandujano, S., T. D. Pérez, L. A. Escobedo, C. Yañez, A. González, L. A. Pérez y M. I. Ramos. 2010. Venados, animales de los dioses. México. Secretaría de Educación de Veracruz.
- Montes, P. R. C., V. R. I. Rodríguez, A. F. J. Torres y P. L. G. Ek. 1998. Seguimiento anual de la parasitosis gastrointestinal de venados cola blanca *O. virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en cautiverio en Yucatán, México. Revista de Biología Tropical 46(39): 821-827.
- Mukul-Yerves, J. M., M. D. R. Zapata-Escobedo, R. C. Montes-Pérez, R. I. Rodríguez-Vivas y J. F. Torres-Acosta. 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.
- Quiroz, R. H., J. Figueroa, F. Ibarra y M. López. 2011. Epidemiología de enfermedades parasitarias en animales domésticos. Departamento de Parasitología, FMVZ-UNAM. 1ª Ed. México, D. F. Pp. 330-332.
- Quiroz, R. H. 2012. Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos. México: Ed. Limusa, S.A. de C.V.
- Romero, S., B. Ferguson, D. Guiris, D. González, S. López, A. Paredes and M. Weber. 2008. Comparative parasitology of wild and domestic ungulates in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. The Helminthological Society of Washington 75(1):115-126.
- SEMARNAT. 1997. Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México, D.F.
- Valdés, V. V., A. Saldaña, V. J. Pineda, J. A. Camacho, C. V. Charpentier y T. A. Cruz. 2010. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en *Odocoileus virginianus* y *Tayassu tajacu* en cautiverio de la República de Panamá. Acta Zoológica Mexicana 26(2):477-480.
- Wobeser, G. A. 1994. Investigation and management of disease in wild animals. Plenum Press, Nueva York. 265 pp.





EVALUACIÓN DE DOS RACIONES CON DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA PARA DESARROLLO DE TORETES EN PASTOREO

Rodríguez Hidalgo Nancy Jazmín¹⁵³, Romero Figueroa Maximino Zito^{153*}, Díaz Prieto Luis Alonso¹⁵³,
Fernández Figueroa José Antonio¹⁵³, Acar Martínez Nayib Bechara¹⁵³

Resumen

El objetivo fue evaluar la sustitución de maíz por aceite de rosticería como fuente de energía alterna, para complementar la alimentación de toretes en desarrollo pastoreando forrajes tropicales en el sur de Veracruz. El trabajo se realizó en el municipio de las Choapas, Ver., el clima es Aw_2 , se utilizaron 22 toretes de cruza indefinidas con 293.5 kg promedio de peso vivo, que pastoreaban en praderas de *B. brizantha*, a los animales se les aplicó anabólicos, nematicidas y vitaminas; durante 68 días se les proporcionó 6.5 kg de raciones con diferente fuente de energía; a 11 animales se les proporcionó una ración con 13.8% de PC y 2.8 Mcal estimadas que costó \$ 4.46 el kg y que contenía 30% de maíz quebrado (M) entre otros insumos; al otro grupo se le proporcionó una ración con 14.2 % de PC, 3.15 Mcal y \$3.98 de costo por kg, que no contenía maíz y utilizaba 10% de aceite de rosticería (A). La variable de repuesta fue la ganancia diaria de peso (GDP); para determinar diferencia estadística se utilizó la prueba T de Student. El análisis económico determinó la relación costo beneficio. Los resultados muestran que la GDP fue de 1.492 kg vs 1.357 kg para M y A respectivamente sin diferencia estadística ($P > 0.05$), sin embargo, el análisis económico indica que la ración A obtuvo la mejor relación Costo beneficio 1.10 vs 1.14. Se concluye que el aceite de rosticería puede sustituir al grano de maíz como fuente de energía en las raciones para toretes de en desarrollo.

Palabras Claves: nutrición, ceite, ganancia de peso, costos

¹⁵³FISPA-UV. *romero.maximino@yahoo.com.mx





Introducción

La población mundial subalimentada (con hambre) se estima en 815 millones de personas, de las cuales 11.4 millones son mexicanos, el alimento base de la mayoría de ellos son los granos básicos, en el caso de México, específicamente el maíz; la producción mundial de este grano es de 1,060 millones de ton y en México es de 28 millones (FAOSTAT, 2016), una parte de esta producción se destina al consumo animal para la producción de bienes de consumo que no pueden adquirir los mexicanos subalimentados.

Las grasas y aceites son una fuente alimenticia para rumiantes, de alta densidad energética y de bajo costo (Plata *et al*, 2018). La suplementación con grasa y aceites data de hace más de 200 años, producen más energía que los carbohidratos y las proteínas y para elegirla debe considerarse la fuente más barata (Juárez *et al*. 2009). La energía que aporta el maíz en la dieta animal puede sustituirse por la proveniente de otras fuentes que no se utilizan en la alimentación humana y de esta manera liberar el grano para consumo de la población necesitada.

El objetivo fue evaluar la sustitución de maíz por aceite de roscicería como fuente de energía alterna, para complementar la alimentación de toretes en desarrollo pastoreando forrajes tropicales en el sur de Veracruz, sin afectar la ganancia de peso y la rentabilidad del proceso.

Material y métodos

La unidad productiva donde se realizó el trabajo está ubicada en el municipio de las Choapas, en el sur de Veracruz, el clima es Aw₂, se utilizaron 22 toretes de cruza indefinidas con 293.5 kg promedio de peso vivo, que pastoreaban en praderas de *B. brizantha*, al inicio del trabajo los animales se les aplicó anabólicos, nematicidas y vitaminas. Las raciones se obtuvieron por programación lineal a mínimo costo con la herramienta solver de Excel diseñadas para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales (Shimada, 2007), elaboradas a partir de salvado, pollinaza, harina de carne, sales minerales y maíz o en su caso aceite de roscicería. El grupo testigo lo conformaron 11 animales a los que se les proporcionó 6.5 kg una ración con 13.8% de PC y 2.8 Mcal estimadas que costó \$





4.46 el kg y que contenía 30% de maíz quebrado, ración M; al otro grupo se le proporcionó 6.5 kg de una ración con 14.2 % de PC, 3.15 Mcal y \$3.98 de costo por kg, que no contenía maíz y utilizaba 10% de aceite de rosticería, entre otros subproductos, como fuente alterna de energía, ración (A). Los animales se complementaron 68 días; del 17 de febrero al 26 de abril, se registró el peso vivo individual los días 29, 42 y 68 del proceso. Las variables analizadas fueron el Peso vivo y la Ganancia Diaria de peso, los costos de alimentación y para determinar diferencia estadística se utilizó la prueba de T de Student. El análisis económico incluyó los ingresos y los costos para determinar la relación costo beneficio.

Resultados

Peso vivo: En la figura 1 se observa que al inicio del trabajo los dos grupos tenían pesos similares, en promedio: 294 kg (M) y 293 kg (A), al finalizar el proceso los animales de la ración M pesaron 395 kg y los de la ración A 385 kg, sin embargo el análisis estadístico no mostro diferencias significativas ($P > 0.05$), en las diferentes etapas del proceso, por lo que se deduce que el aceite de rosticería no afecto el desarrollo de las unidades experimentales y por lo tanto deducimos que bajo estas condiciones el grano de maíz puede ser sustituido por esta fuente alterna de energía.

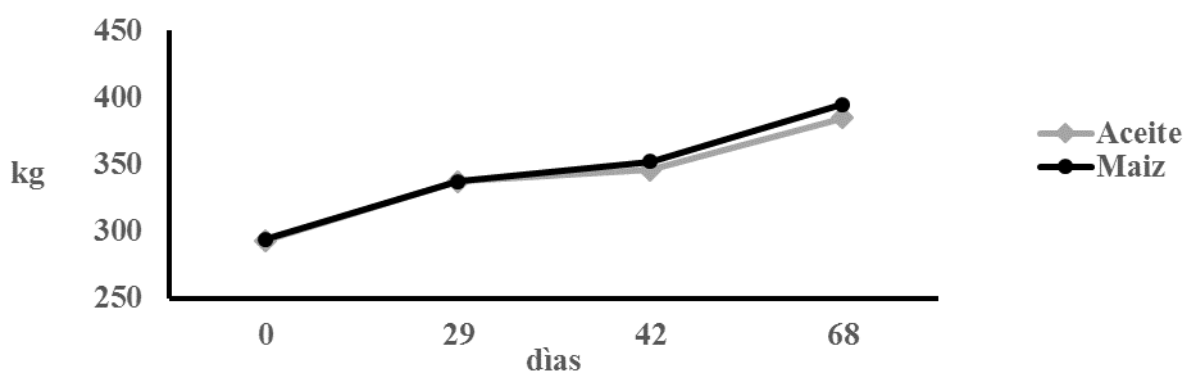


Figura 1. Peso vivo de toretes pastoreando *B. brizantha* complementados con dos raciones con diferente fuente de energía.

La ganancia diaria de peso (Figura 2) tampoco mostro diferencia significativa ($P > 0.05$), lo que fortalece la posibilidad de usar el aceite de rosticería como fuente de energía alterna, sin



afectar la eficiencia de la práctica de complementar el pastoreo dado los excelentes valores obtenidos y con la ventaja de usar un subproducto que en esta región termina contaminando el medio ambiente.

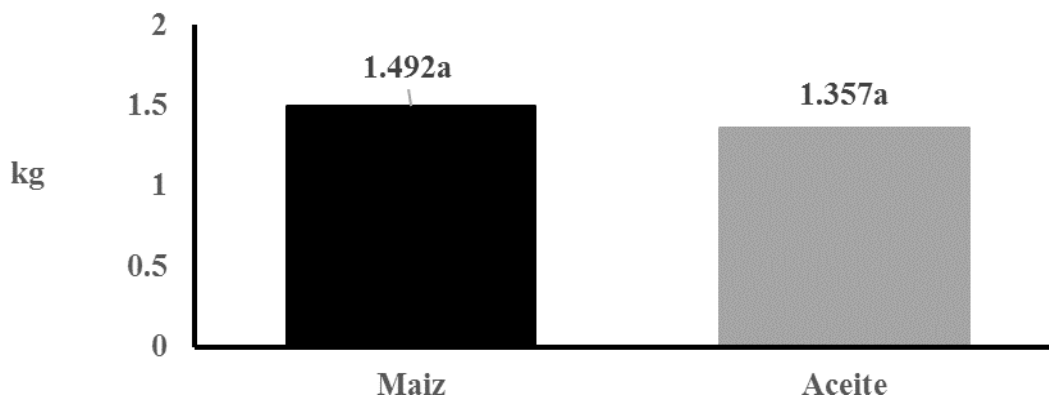


Figura 2. Ganancia diaria de peso de toretes pastoreando *B. brizantha* complementados con dos raciones con diferente fuente de energía

El análisis económico indica que la utilidad sobre los costos variables fue mayor en los animales que consumieron alimento con maíz, sin embargo, la relación costo beneficio fue mejor para los alimentados con la ración que contenía aceite de rosticería debido a que los costos variables fueron menores. Por lo consiguiente

Cuadro 1. Relación Costo Beneficio por unidad animal de toretes pastoreando *B. brizantha* complementados con dos raciones con diferente fuente de energía.

	Maíz	Aceite
Costo del torete (\$)	12642	12599
Consumo diario (kg)	6,5	6,5
Costo/kg (\$)	4,46	3,98
Días	68	68
Costos de alimentación (\$)	1971,32	1759,16
Mano de obra (\$)	116	116
Medicamentos (\$)	80	80
COSTOS VARIABLES (\$)	14809,32	14554,16
Peso final (kg)	395	385
Precio de venta (\$)	43,00	43,00
INGRESO (\$)	16985,00	16555,00
UTILIDAD SOBRE COSTOS VARIABLES (\$)	2175,68	2000,84
RCB	1,10	1,14



Conclusiones

1.- El aceite de roscicería es una fuente de energía alterna para substituir al maíz en las dietas que complementan el pastoreo de los toretes en desarrollo en el sur Veracruz,

Literatura Citada

- FAOSTAT. 2016. Producción. Cultivo. www.fao.org/faostat/es/. Consultado el 30 de marzo del 2018.
- Juárez L. F. I.; Barradas L. V. H. y López J. 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Alimentación de bovinos en el sistema de doble propósito en el trópico. CIRGOC. INIFAP.SAGARPA. p 82. Veracruz, Ver. Mex.
- Plascencia J. A.; Mendoza M. G. D.; Vásquez P. C.; Avery Z. R. 2006. Factores que influyen en el valor nutricional de las grasas utilizadas en las dietas para bovinos de engorda en confinamiento: revisión. Sitio Argentino de Producción Animal, 1, 1-13.
- Plata F.X., A. Plascencia J., G.D. Mendoza M., J.A. Martínez G., P.A. Hernández G.2018. Uso de grasas en la alimentación de ganado de engorda. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/libromendoza-uso-grasas-alimentacion-t40787.htm>. [Consultado el 10 de abril de 2018].
- Shimada M. A. 2007. Nutrición Animal. Tabla 20.6 Requerimientos de proteína para bovinos productores, de carne en crecimiento y finalización, Edt. Trillas, p 329, Mex.





OCUPACIÓN DE CAJAS NIDO POR AVIFAUNA EN UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN PECUARIA DE VERACRUZ, MÉXICO

Alberto Hernández Lozano¹⁵⁴ y Diana Gissell Juarez Aguirre¹⁵⁵ y Antonio Hernández Beltrán¹⁵⁴

Resumen

En Veracruz se albergan 705 especies de avifauna (61.3% del total en México); sin embargo, su principal amenaza es la destrucción de hábitat en áreas tropicales promovida por impacto antrópico. La carencia de manchones de vegetación en zonas de producción pecuaria disminuye disponibilidad de recursos y desplazamiento de aves residentes y migratorias, alterando así su estabilidad y funcionalidad ecológica. La colocación de cajas nido es una alternativa como recurso de anidación, al mismo tiempo que obtenemos información sobre las especies de aves que los utilizan. En el rancho “Torreón del molino” perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana, se seleccionaron arbitrariamente 14 árboles para colocar cajas nido de acuerdo al mayor diámetro a la altura del pecho (DAP). Se fabricaron 14 cajas nido con madera de pino en dos diseños. Aplicando técnica de ascenso a dosel fueron colocadas utilizando equipo para la práctica de arborismo en alturas aproximadas de 5 a 7 metros. Se programaron monitoreos focales usando telescopios, binoculares, cámara fotográfica y un dron para documentar presencia/ausencia de avifauna en las cajas nido. El análisis estadístico utilizado fue la prueba no paramétrica de correlación de Spearman. Se identificaron 8 sistemas silvopastoriles (SSP) y se confirmó la presencia de avifauna en dos cajas nido en zona de barrera rompe vientos y pastizal, otra más fue utilizada por avispa. Las correlaciones de orden de rango de Spearman indican que la ocupación de nidos es significativa con 0.559471 en relación al diámetro del árbol elegido en $p < .05000$. Una alternativa para ayudar a solucionar problemas ecológicos causados por la ganadería extensiva son los SSP. Cada especie necesita dimensiones y características diferentes para la nidificación, sin embargo en

¹⁵⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. * a_hernandez@cbtis165.edu.mx

¹⁵⁵Facultad de Biología, Universidad Veracruzana Campus-Xalapa.





ambientes antropogénicos, las cajas nido son una opción para la conservación de la avifauna. Diversos autores afirman que las cajas nido deben colocarse en dirección este, entre los nidos ocupados de esta investigación ambos están orientados hacia la misma dirección. La altura del nido, altitud y sistemas silvopastoriles en los que fueron colocados el total de nidos no presentaron significancia.

Palabras clave: cajas nido, sistema silvopastoril, avifauna

Introducción

En México habitan de 1123 a 1150 especies de aves (11% del total mundial), el 77% de estas se reproducen aquí, 194 a 212 especies (18-20%) son endémicas del país y entre 298 y 388 especies (26-33%) se encuentra en alguna categoría de amenaza (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014). Por otra parte, en el estado de Veracruz se ha reportado la presencia de 705 spp. de aves (González y Ruz, 2016).

La destrucción de hábitat promovida por impacto antrópico, es la principal amenaza para las aves neotropicales en Veracruz (Martínez, 1992). Sin embargo, las aves han llegado a presentar gran adaptabilidad a los disturbios humanos (Weidensaul, 2015).

Actualmente, la ganadería sigue siendo una actividad ampliamente distribuida en el sureste de México, la fragmentación derivada de esta acción altera las áreas que aún están disponibles para la vida silvestre (Cepeda-Gonzales *et al.*, 2011 y Williams-Linera, 2012). La carencia de manchones de vegetación, cerca viva o remanentes de vegetación en zonas de producción pecuaria, disminuyen la disponibilidad de recursos y el desplazamiento en aves residentes y migratorias, alterando así su estabilidad y funcionalidad ecológica (DE LA OSSA-LACAYO, 2013). La avifauna cumple funciones ecológicas y económicas en todos los ecosistemas descritos, incluyendo los sistemas de producción. Por lo que es importante que en los paisajes pecuarios se mantenga una estructura que permita albergarla (Villanueva *et al.*, 2018). Los sistemas silvopastoriles (SSP) permiten la productividad ganadera, a la vez que sirven como refugio para la avifauna, cumpliendo con algunas funciones similares a su hábitat natural, además que mantienen una cobertura permanente del suelo, minimizan su





erosión y compactación, generando un ambiente más propicio para el ganado y prestando un beneficio ambiental a la biodiversidad (Daily 2001, Harvey et al., 2007; Mahecha, 2002). La alta reducción de la masa forestal nativa ha causado una baja disponibilidad de árboles con oquedades que son necesarias para varias especies de aves al nidificar (Murua, 2006).

Debido a la pérdida del hábitat natural de las especies, los sitios de anidación disminuyen, con el establecimiento de cajas nido se pretende suplir la baja oferta natural ofreciendo una alternativa como recurso de anidación (Ruiz, 2017). La colocación de cajas nido nos permite obtener abundante información sobre las especies de aves que los utilizan, dada la facilidad de acceder en ellas (Gamonal et al., 2004). Las cajas nido en lugares más visibles o más soleados son utilizadas preferentemente (Moreno, 2003).

Consideramos necesario contemplar SSP en las unidades de producción pecuaria y acciones alternas como el uso de cajas nido para proporcionar espacios vitales a la avifauna desplazada por el cambio de uso de suelo con la finalidad de fomentar cadenas tróficas en los ecosistemas.

Hipótesis

Es posible impulsar la presencia de avifauna mediante el uso de cajas nido dentro de una unidad de producción pecuaria.

Objetivo general

Fomentar espacios de anidación artificial sobre el dosel para avifauna mediana presente en una unidad de producción pecuaria, en el municipio de Veracruz, México.

Objetivo específico

Identificar variables que afectan la elección de cajas nido dentro de una unidad de producción pecuaria.

Área de estudio

La investigación se efectúa en la unidad de producción pecuaria “Torreón del molino” predio utilizado para las prácticas profesionales e investigación en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana.





Materiales y métodos

Se realiza la primera visita de campo para reconocer el área de estudio en agosto del 2017. En septiembre del mismo año se seleccionaron arbitrariamente 14 árboles para colocar las cajas nido de acuerdo al mayor diámetro a la altura del pecho (DAP) y se geo posicionan con un equipo Etrex30.

Se realiza a partir de imagen satelital la descripción de los SSP presentes dentro de la unidad de producción pecuaria en la que se han seleccionado los árboles. Se fabricaron un total de 14 cajas nido con madera de pino, 7 con dimensiones de 30 cm de ancho por 30 cm de largo por 50 cm de alto y 7 con dimensiones 30cm de ancho por 50 cm de largo por 30 cm de alto; ambos modelos son diseñados con una entrada de 20 cm por 20 cm y provistos de un techado reforzado de madera, son sostenidas con alambre y un mosquetón metálico. Un fragmento de manguera poliflex como abrazadera por el que corre una cuerda de polipropileno cargan los 6.200 gr de peso total de cada nido. Utilizando equipo para la práctica de arborismo, los nidos se posicionan en los árboles seleccionados a alturas aproximadas entre los 5 a 7 metros de altura aplicando técnica de ascenso a dosel de Perry y Williams (1981) y Gómez (2010). Una vez colocados se registraron la orientación geográfica de la entrada a los nidos y la altura desde el nivel del suelo a la entrada de cada nido. Debido al tiempo de fabricación de nidos, la colocación del total se lleva a cabo en enero del 2018, apegándose a las sugerencias en fechas de colocación de SEO BIRDLIFE (2015) para que las aves tengan tiempo suficiente para acostumbrarse a ellas. Se programa monitoreo focal por medio de telescopios BARSKA 20X60X60 y binoculares LOBO 25x60, se realizan capturas fotográficas utilizando equipo NIKON D3200 con telefoto AF-S DX Zoom NIKKOR 55-200mm f/4-5.6ED. Se corrobora presencia o ausencia por medio de un Dron X5C-1 HD. El análisis estadístico utilizado fue la prueba no paramétrica de correlación de Spearman con el programa Statistica versión 10.0.





Resultados

Se identificaron ocho tipos de SSP en los que se hallan acahual, cerca viva, barrera rompe vientos, pastizal, e instalaciones sobre los que se seleccionaron sitios de nidación en árboles con una media DAP de 3.32 ± 0.75 metros. La altura promedio utilizada en la colocación de nidos es de 5.78 ± 1.22 metros. Relativo a la orientación geográfica de la entrada al nido se registran 4 direcciones. La altura sobre el nivel del mar fue con variación entre los 12 a 19 metros.

Se confirmó la presencia de avifauna en dos cajas nido identificados con el número tres en zona de barrera rompe vientos y el número siete en pastizal (véase tabla 1).

Tabla 1. Se observa la descripción de cajas nido colocados en una unidad de producción pecuaria

N° nido	Ubicación Geográfica	Orientación (entrada)	Altitud (m)	SSP	Posición nido	DAP (m)	Altura del nido (m)	Habitado (S/N)
1	19°10'28.1"N 96°12'37.1"O	SO	16	Instalaciones	Horizontal	4.5	6	N
2	19°10'28.1"N 96°12'36.4"O	O	16	Instalaciones	Horizontal	3	6	N
3	19°10'15.4"N 96°12'42.8"O	NE	16	Barrera rompe vientos	Vertical	2	5	S
4	19°10'07.7"N 96°12'36.2"O	N	19	Cerca viva	Vertical	3.5	5	N
5	19°10'08.3"N 96°12'19.2"O	N	16	Pastizal	Horizontal	3	7	N
6	19°10'11.3"N 96°12'19.7"O	SO	13	Pastizal	Vertical	2.4	6	N
7	19°10'11.1"N 96°12'17.1"O	SE	13	Pastizal	Horizontal	2.6	6	S
8	19°10'10.8"N 96°12'14.1"O	N	16	Pastizal	Horizontal	3	6	N
9	19°10'11.1"N 96°12'11.5"O	SO	12	Pastizal	Vertical	2.9	5	N
10	19°10'25.2"N 96°12'14.3"O	E	15	Acahual	Horizontal	3.3	5	N
11	19°10'26.1"N 96°12'14.8"O	NE	15	Acahual	Vertical	4	6	N
12	19°10'27.7"N 96°12'15.4"O	NE	16	Acahual	Vertical	4.4	6	N
13	19°10'31.1"N 96°12'18.3"O	N	18	Acahual	Vertical	3.8	7	N
14	19°10'32.8"N 96°12'19.2"O	N	16	Acahual	Horizontal	4.1	5	N





La caja nido numero 3 fue ocupada por una pareja de *Glaucidium brasilianum* (tecolote bajo) a mediados de marzo del 2018, apreciándose vacía a principios de Junio del mismo año, este nido se halla ubicado en barrera rompe vientos cercana a las instalaciones. La caja nido 7 a su vez fue ocupada por una pareja de *Icterus gularis* (bolsero de Altamira) a principios de marzo y abandonando a finales de mayo. Las correlaciones de orden de rango de Spearman indican que la ocupación de nidos es significativa con 0.559471 en relación al diámetro del árbol elegido en $p < .05000$. Se observó ocupación de la caja nido número 2 por avispas. La caja nido numero 13 fue destruida después del paso de un fenómeno atmosférico, por lo que fue reemplazada en Abril del 2018.

Discusión

Una alternativa para ayudar a solucionar los problemas ecológicos y de producción causados por la ganadería extensiva son los SSP que combinan las pasturas con plantas leñosas (árboles, arbustos y palmas) donde pueden prevalecer las especies silvestres que se encuentran en hábitat perturbados (SEMARNAT, 2010). Cada especie necesita dimensiones y características diferentes para la nidificación; sin embargo, en ambientes antropogénicos, las cajas nido son una opción para la conservación de las especies (SEO BIRDLIFE, 2015). En estudios previos, en la colocación de cajas nido las aves prefirieron lugares soleados (Moreno, 2003). También se sabe que diferentes especies de aves parecen tener preferencia por distintos modelos de cajas-nido, sería preferible utilizar en una misma área varios modelos distintos para aumentar la diversidad de aves protegidas que hacen uso de ellas (Moreno, 2003). En nuestro estudio se optó por dos variables en el diseño de cajas nido, teniendo el mismo porcentaje de ocupación. Relacionado a la caja nido ocupada por *Icterus gularis* Kaufman (2005), describe a este tipo de ave como una constructora de nidos conspicuos una bolsa colgante de más de 30 cm suspendida de una rama; sin embargo, en este caso pudimos notar la construcción colgante semi elaborada en la entrada del nido.





Conclusión

1.- Las cajas-nido deben colocarse en dirección este para evitar daños producidos por el viento y la lluvia. 2.- La construcción del nido colgante en la entrada del nido por el bolsero de Altamira, nos hace deducir que se trató de un evento oportunista. 3.- La altura del nido, la altitud y los sistemas silvopastoriles en los que fueron colocados el total de nidos no presentaron significancia.

Bibliografía

- Cepeda-Gonzales, M. et al., 2011. Composición de especies de aves en potreros de matrices de origen antropogénico y mixto en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. *BRENESIA*: 75-76, 37-48.
- Daily G. C, P .R. Ehrlich, y G. A. Azofeifa. 2001. Countryside biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecoogical Soc. of America* 11(1):1-13
- De La Ossa-Lacayo, A. 2013. Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 5 (1):171-193.
- Febrero, A. 1999. Cómo construir y colocar cajas anidaderas para aves silvestres. *Quercus*,:166, 36-37.
- Gamonal, J., et al. 2004. Tasas de ocupación de cajas nido para paseriformes en pinares y robledales de la Sierra de Guadarrama. Grupo Ornitológico SEO-MONTICOLA, Universidad Autónoma de Madrid. 96-109.
- Gómez, R. 2010. Estudio Técnico de Dosel de Árboles con Potencial para el Ecoturismo en el Ejido 24 de febrero, municipio de Jesús Carranza, Veracruz. SEMARNAT, CONANP, BiodiverCity. 36 p.
- González, A y Ruz, D. 2016. Las aves silvestres de Veracruz. Universidad Veracruzana. 291 p.
- Harvey C.A., J.A González V. 2007 Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodivers Conserv* (2007) 16: 2257. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9194-2>. [Consultado el 13 de Abril de 2018]





- Kaufman, K. 2005. Guía de campo de las Aves de Norteamérica. Ed Houghton Mifflin. 342 pp.
- Mahecha L. 2002. El Silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, v.15, p.226-231
- Martínez-Gómez J. E. 1992. Raptor Conservation in Veracruz, México. The Raptor Research Foundation, Inc. J. Raptor Res: 26 (3), 184-188.
- Moreno, G. 2003. Selección de cajas-nido por aves insectívoras en Sierra Nevada. Zool. Baetica: 13/14, 131-138.
- Murúa, R., et al. 2006. Uso de cajas nido para potenciar el control biológico de roedores reservorios de Hantavirus en el sur de Chile. I Simposio Argentino sobre Investigación y Conservación de Rapaces. 21-22.
- Navarro-Sigüenza, A. et al. 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85:476–495.
- Perry, R. y Williams, J. 1981. El dosel del bosque tropical lluvioso: un método para el acceso total. Biotropica 13(4):53-59.
- 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 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana 059. Listado de especies de flora y fauna bajo alguna categoría de riesgo.
- Seo Birdlife. 2015. Fabrica tu propia caja nido. Centro Ambiental Los Viveros. Ayuntamiento de Santander, España. 3 p.
- Villanueva, C., Casassola, F. y Detlefset G. 2018 Potencial de los sistemas silvopastoriles en la mitigación al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica. Boletín técnico: 87. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. 61 p.
- Weidensaul Scott. 2015. Peterson Reference Guide to Owls of North América and the Caribbean. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. New York, NY, USA. 333 p.
- Williams-Linera, G. 2012. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 208 p.





REHABILITACIÓN DE PRADERAS DEGRADADAS MEDIANTE CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez Quiroz^{156*}, Valentín Alberto Esqueda Esquivel¹⁵⁷ y Ricardo de Jesús García Rangel¹⁵⁸

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes herbicidas en el control de maleza en una pradera de pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst) en la región central de Veracruz. El experimento se condujo en septiembre y octubre de 2017, en una pradera con una infestación alta de tres especies de malezas: escobilla (*Sida acuta* Burm. f.), malva de cochino (*Sida rhombifolia* L.) y piñón negro (*Jatropha gossypifolia* L.). Se utilizó el diseño en bloques al azar con tres repeticiones con unidades experimentales de 11 m de ancho por 10 m de largo. Se evaluaron los tratamientos siguientes: 1. 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil, en dosis de 225 + 37.5 + 75 g/100 L de agua, 2. Aminopyralid + 2,4-D, a 40 + 320 g/100 L de agua, 3. Picloram + 2,4-D, a 64 +240 g/100 L de agua y 4. Testigo sin aplicación. Se determinó altura y cobertura aérea de malezas, control de malezas y producción de biomasa seca de pasto y malezas. Se realizó análisis de varianza para producción de biomasa seca y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey. La infestación inicial de maleza en la pradera fue de 62%. Los porcentajes promedio de control fueron del 97% para malva de cochino, 86% para escobilla y 77% para piñón negro, siendo 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil el producto más eficaz para controlar a las tres especies. La producción de biomasa de pasto a 45 días postaplicación fue de 10,105, 8,753 y 7,538 kg/ha, para 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil, aminopyralid + 2,4-D y picloram + 2,4-D, respectivamente, mientras que el testigo sin aplicación tuvo una producción de 3,374kg/ha, que fue significativamente inferior ($p \geq 0.05$) a la de los tratamientos en los cuales se aplicaron 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil o aminopyralid + 2,4-D. La producción de materia

¹⁵⁶ Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

* enriquez.javier@inifap.gob.mx

¹⁵⁷ Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

¹⁵⁸ Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.





seca de maleza tuvo diferencias ($p \geq 0.05$) entre tratamientos y el testigo sin aplicación, ya que este último registró valores cercanos a los 6,000 kg/ha, mientras que los tratamientos herbicidas tuvieron producciones desde 0 hasta 1,388 kg/ha.

Palabras clave: Pastos tropicales, herbicidas, control de maleza, materia seca

Introducción

Con un inventario en México de más de 11.9 millones de hectáreas con pastos tropicales, los estados de Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Tabasco, Yucatán, Campeche y Oaxaca destacan por sus extensiones en producción. El cultivo de los forrajes tropicales en México está basado principalmente en praderas de los pastos: Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst), Privilegio (*Panicum maximum* Jacquin), Jaragua [*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf], Brachiaria (*Brachiaria* spp.), Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach), Alemán (*Echinochloa polystachya* Hitchcok) y Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth) (Villegas *et al.*, 2001). A pesar de su buena adaptación y rendimiento, las praderas son sometidas a una sobreutilización, situación que limita la persistencia de las mismas, lo que se refleja en una reducción de la producción animal por unidad de superficie (Enríquez *et al.*, 2011) Las pérdidas que experimenta la producción animal en algunas regiones tropicales a causa de la degradación de las praderas, plantean un problema tanto ecológico como económico. Se ha estimado que, en el trópico húmedo, el 50% de las praderas sembradas se encuentran en estado avanzado de degradación (Spain y Gualdrón 1991), y se considera que están produciendo al 30% de su capacidad (Villegas *et al.*, 2001). La degradación está asociada a prácticas de manejo inapropiadas, como el establecimiento en suelos frágiles, siembra de especies con pobre adaptación, sobre pastoreo, quemas no controladas, y agotamiento de los nutrientes del suelo (González y Meléndez 1980). La degradación de las praderas trae como consecuencia al productor, reducción en la producción animal e incremento de costos (Holman *et al.*, 2004). Por lo anterior, es recomendable que las praderas que se encuentren invadidas por maleza, que cubran menos de 30% de la superficie con especies forrajeras y que tengan una producción





inferior a su capacidad, se rehabiliten o repueblen. Las malezas ocasionan disminución en el rendimiento de una pradera, al competir por nutrientes con la especie de interés, además, puede haber especies que sean tóxicas, causar heridas y dificultar el manejo del ganado. Algunas de las labores que contribuyen a restituir la productividad de esas praderas son: el control de maleza mediante chapeo mecánico o productos químicos, subsoleo, rodillos arreadores y descompactadores y arado o rastreo (Villegas, 1999). Otras prácticas que pueden mejorar la productividad de las praderas es el intercalado de leguminosas, el uso de fertilizantes orgánicos o inorgánicos que contribuyen a fortalecer la planta y restaurar la fertilidad al suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de diferentes herbicidas para el control de maleza presente en una pradera de pasto Estrella de África.

Materiales y métodos

El experimento se condujo durante los meses de septiembre y octubre de 2017, en una pradera con pasto Estrella de África, ubicada a 18°55'54" de latitud N, y 96°12'32" de longitud O, a 21 m de altitud, en el ejido Rincón de Pérez municipio de Medellín, Ver. Se evaluaron cuatro tratamientos en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones: 1. 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil, en dosis de 225 + 37.5 + 75 g/100 L de agua, 2. Aminopyralid + 2,4-D, a 40 + 320 g/100 L de agua, 3. Picloram + 2,4-D, a 64 + 240 g/100 L de agua y 4. Testigo sin aplicación. Las unidades experimentales midieron 10 m de largo x 11 metros de ancho (110 m²). A todos los tratamientos herbicidas se les añadió el surfactante no iónico LI-700 en dosis equivalente a 250 mL por 100 L de agua. Los herbicidas se aplicaron con una aspersora motorizada de mochila de 25 L de capacidad, equipada con un aguilón con cuatro boquillas de abanico plano 8003. Las variables evaluadas fueron: 1. Altura de las malezas. Se determinó en 10 plantas seleccionadas al azar de las especies de malezas dominantes, antes de la aplicación de los tratamientos, 2. Cobertura de malezas. Se determinó de forma visual en la totalidad de las unidades experimentales, 3. Control de malezas. A los 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos, se realizó una evaluación visual por especie dominante de malezas, utilizando la escala porcentual (0 a 100%) en donde 0 significa que no hubo ningún efecto del tratamiento en las malezas, y 100,





que fueron completamente destruidas. 4. Producción de biomasa seca. En cada unidad experimental se lanzó al azar en una ocasión un cuadro de 1 m x 1 m y se cortó la parte aérea del pasto y las malezas contenidas en su interior, de ésta se tomó una muestra de 1 kg, conteniendo tanto pasto como malezas. Las muestras se secaron en una estufa de secado a 60°C, hasta que alcanzaron peso contante, y posteriormente se registró el peso seco de pasto y malezas. La información se analizó mediante PROC GLM de SAS, y para la comparación de medias en los casos pertinentes, se utilizó la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$) (Steel y Torrie, 1988; SAS Institute, 2003).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra la altura y cobertura de las malezas antes de la aplicación de los tratamientos. En ella se aprecia que los datos fueron uniformes entre tratamientos con un promedio de altura de 88 cm y de cobertura de 57%. Mediante la estimación inicial visual de toda la pradera se estimó que existía una infestación media de maleza de 62%, con tres especies dominantes: escobilla (*Sida acuta* Burm. f.), malva de cochino (*Sida rhombifolia* L.) y piñón negro (*Jatropha gossypifolia* L.).

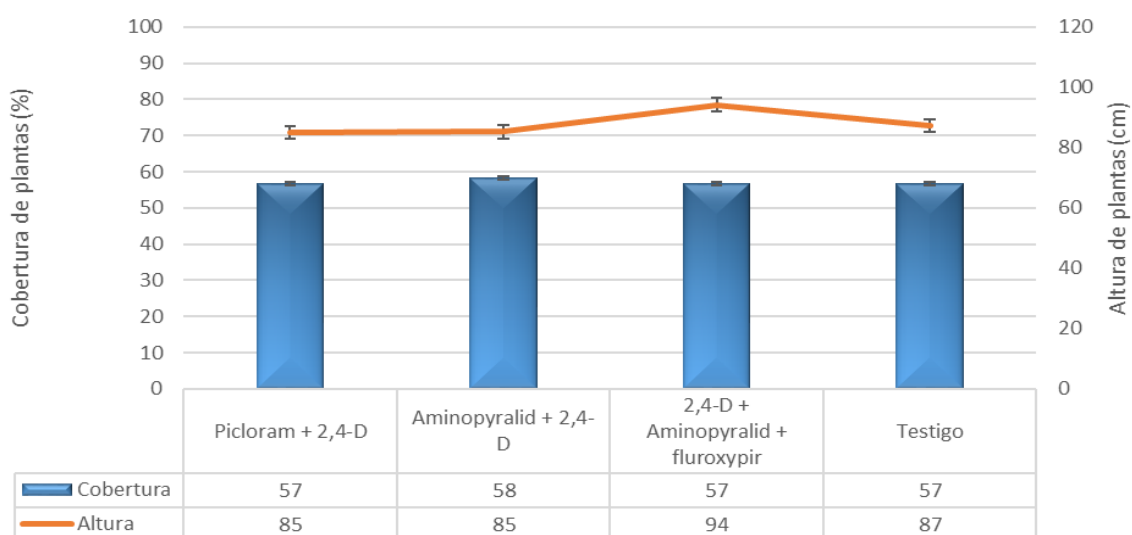


Figura 1. Altura y cobertura de malezas antes de la aplicación de los tratamientos.





Los porcentajes de control de los diferentes tratamientos para las tres especies dominantes de malezas se presentan en el Cuadro 1, en donde se aprecia que en el primer muestreo 30 días post aplicación, tuvo diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos el porcentaje de control fue de 70 al 93 %, con incrementos en el control durante el segundo muestreo realizado 45 días post aplicación, en donde se observa que con el tratamiento de 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil se obtuvo el control más alto de malezas con un promedio de 96%, mientras que los controles con aminopyralid + 2,4-D y picloram + 2,4-D fueron de 84 y 80%, respectivamente.

Cuadro 1. Efecto de diferentes tratamientos en el control (%) de tres especies de malezas.

Tratamiento	Primer muestreo (30 DDA)	Segundo muestreo 45 DDA)
Picloram + 2 4 D	70 b	80 a
Aminopyralid + 2,4-D	80 ab	84 a
2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil	93 a	96 a
Promedio	81	87

DDA= días después de la aplicación. Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Por especie se determinó que *S. rombifolia* fue controlada eficientemente por los tres tratamientos herbicidas (Figura 2), *S. acuta* lo fue con aminopyralid + 2,4-D y 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil y *J. gossypifolia*, solamente con 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil.

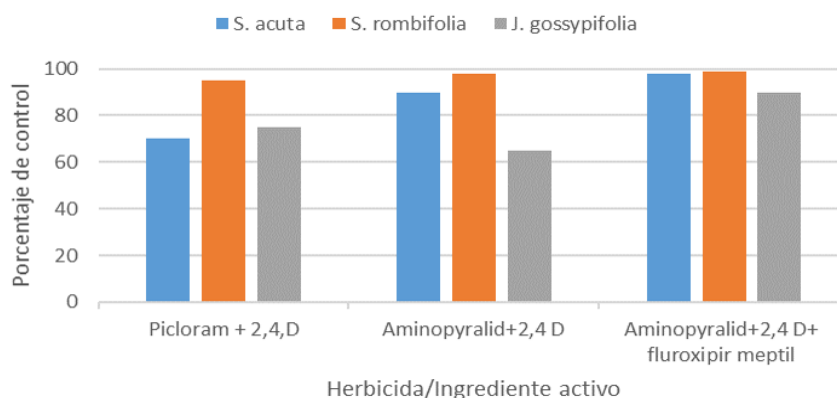


Figura 2. Efecto de tres herbicidas en el control de tres malezas presentes en potreros del centro de Veracruz.





La producción de biomasa seca de pasto Estrella de África y malezas (Cuadro 2) se observó una producción de MS de forraje de 10,105, 8,753 y 7,538 kg/ha, para los tratamientos de 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil, aminopyralid + 2,4-D y picloram + 2 4 D, respectivamente, mientras que en el testigo sólo produjo 3,374 kg/ha, que fue inferior ($p \geq 0.05$) a los demás tratamientos, 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil o aminopyralid + 2,4-D.

Cuadro 2. Producción de biomasa de pasto y malezas con la aplicación diferentes herbicidas en la región central de Veracruz.

Tratamiento	Materia seca de pasto (kg/ha)	Materia seca de malezas (kg/ha)	Materia seca total (kg/ha)
2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil	10,105 a	0 b	10,105 a
Aminopyralid + 2,4-D,	8,753 a	1,388 b	10,141 a
Picloram + 2,4-D	7,538 ab	866 b	8,424 a
Testigo	3,374 b	5,956 a	9,330 a

Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

La producción de materia seca de maleza en los tratamientos de control químico fue estadísticamente semejante entre ellos (entre 0 y 1,388 kg/ha) e inferior a la del testigo, con una producción de MS cercana a los 6,000 kg/ha

Los datos anteriores ponen de manifiesto el efecto del control que ejerce cualquiera de los tratamientos herbicidas utilizados para el control de estas malezas comunes en el trópico veracruzano. Por tanto, un productor que no ejerce ningún tipo de control de maleza, está perdiendo la oportunidad de producir forraje de gramínea que utilizan los animales, ya que estas tres especies de maleza no son consumidas por ellos, disminuyendo su carga animal y su capacidad de producción de carne o leche por unidad de superficie (Enríquez *et al.*, 2015).

Conclusiones

1.- Los productos evaluados ejercieron altos niveles de control de maleza que variaron del 80 a 96%, siendo 2,4-D + aminopyralid + fluroxipir-meptil el producto más eficaz para controlar: *S. acuta*, *S. rombifolia* y *J. gossypifolia*.





Literatura citada

- Enríquez, Q. J. F., Esqueda, E. V. A., Rivas, P. F. A., Castillo, H. J. E., Martínez, M. D., López, G. I., García, P. T. B., Núñez, H. G. y Ortega, R. L. 2015. Rehabilitación y mejoramiento de tierras de pastoreo en el trópico de México. Folleto Técnico No. 79. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Medellín de Bravo, Ver., México. 76 p.
- Enríquez, Q. J. F., Meléndez, N. F., Bolaños, A. E. D. y Esqueda, E. V. A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.
- González, M. J. A. y Meléndez, N. F. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. Boletín CA-6. 2a. ed. SARH. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Rama de Ciencia Animal. H. Cárdenas, Tab., México. 38 p.
- Holman, F., Argel P., Rivas, L., White, D., Darío, E. R., Burgos, C., Pérez, E., Ramírez, G. y Medina, A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. Documento de trabajo 196. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Dirección de Ciencia y tecnología Agropecuaria. International Livestock Research Institute. Cali, Colombia 34 p.
- SAS Institute. 2003. SAS language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Spain, J. M. y Gualdrón, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. p. 269-283. In: Lascano, C. E. y Spain, J. (eds.). Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2a ed. Mc. Graw Hill Inc. Bogotá, Colombia. 622 p.
- Villegas, D. G. 1999. Agostaderos de México: retrospectiva, estado actual y perspectivas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 89 p.
- Villegas, D. G., Bolaños, M. A. y Olgún, P. L. 2001. La ganadería en México. I.5.1. Temas selectos de geografía de México. I. Textos monográficos: 5. Economía. UNAM. Instituto de Geografía. Plaza y Valdés Editores. México, D. F. 158 p.





EFICIENCIA EN EL APORTE DE PROTEÍNA MICROBIANA EN NOVILLAS SUPLEMENTADAS CON *Leucaena leucocephala*

Abigail Castro González^{159*}, Francisco I. Juárez Lagunes¹⁶⁰, Ángel Ríos Utrera¹⁶¹ y J. Armín Ayala Burgos¹⁵⁹

Resumen

Datos de un experimento previo con novillas alimentadas a base de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) (PP) y niveles crecientes de *Leucaena leucocephala* (LL), se utilizaron para estimar la máxima eficiencia en el aporte ruminal de proteína microbiana, expresada como nitrógeno microbiano (NM), mientras se disminuía la pérdida de N-ureico en orina. El estudio se realizó en dos etapas. En la etapa 1 se estimó el aporte de NM (SNM), eficiencia del aporte de NM (ESNM) y N-ureico. En la etapa 2 se simuló el aporte de NM a duodeno (BNU), balance de nitrógeno en rumen (BNR) y costo de urea con el modelo CNCPS. Se asignaron 5 novillas al azar a uno de cinco tratamientos: 0, 20, 40, 60 y 80 % de LL en la dieta a base de PP, de acuerdo con un diseño Cuadrado Latino 5x5. Los resultados revelaron que la inclusión de LL mejoró ($P < 0.05$) el aporte de BNU estimado con el modelo CNCPS. La ESNM estimada por derivados de purinas mostró una respuesta cuadrática ($P < 0.05$) al nivel de inclusión de LL en la dieta. El BNR, costo de urea y N-ureico aumentaron ($P < 0.05$) al aumentar el porcentaje de LL. La máxima ESNM y el balance de N se obtuvieron con 20% de LL. Se concluye que LL podría usarse como fuente de proteína en novillas a razón de 20% en la dieta; niveles más altos requerirán suplementación energética para captar el nitrógeno que aporta la *Leucaena* como suplemento proteico.

Palabras claves: Leucaena, N microbiano, derivados de purinas, CNCPS

¹⁵⁹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, C.P. 97300, Mérida, Yucatán, México.

¹⁶⁰ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana.

¹⁶¹ Campo experimental La Posta, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

* castro.abigail20@hotmail.com





Introducción

En el trópico, la leguminosa *Leucaena leucocephala* es ampliamente conocida como forraje de calidad por tener una excelente digestibilidad y aceptabilidad, un perfil equilibrado de aminoácidos y minerales, bajo contenido de fibra y niveles moderados de taninos condensados (García *et al.*, 1996). En varios estudios, *Leucaena* ha mostrado mejorar la respuesta animal al ser usada como suplemento proteico (Bacab *et al.*, 2013; Ku Vera *et al.*, 2014; Solorio *et al.*, 2016); sin embargo, se ha reportado pérdida de nitrógeno en orina con niveles crecientes de *Leucaena* en la dieta (Hung *et al.*, 2013; Piñeiro, 2016).

El nitrógeno (N) perdido en los sistemas de producción animal tiene importantes efectos nutricionales, sociales, económicos y ambientales, incluidos los aumentos en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones de GEI han ganado la atención internacional debido a su efecto sobre el cambio climático. Existen muchas fuentes de emisiones de GEI, estimándose que la agricultura contribuye con alrededor de 8 a 10% de la emisión global (O'Mara, 2011). Al respecto, los rumiantes contribuyen como fuente principal de emisiones de metano y óxido nitroso (Rotz, 2018). Estos gases son los GEI más importantes debido a que su potencial de calentamiento global es 25 y 298 veces superior al del CO₂, respectivamente (IPCC, 2007). En rumiantes, la principal fuente de óxido nitroso es a partir del N-ureico en orina (Hoogendoorn *et al.*, 2010). El N-ureico en orina es principalmente producido en el hígado a partir de amoníaco (exceso de N en la dieta), que se absorbe a través del epitelio intestinal. La reducción de N-ureico en orina proporciona la mayor oportunidad para reducir las excreciones de N, que se puede lograr a través de una estrategia de alimentación eficiente (Nasiru *et al.*, 2014).

Una alternativa en la alimentación de rumiantes para reducir la pérdida de N en orina, sería optimizar el uso del N de la dieta para mejorar la síntesis de proteína microbiana expresada como N microbiano (NM). El NM se produce en el rumen bajo condiciones anaeróbicas, requiriendo principalmente N (como NH₃) y energía (AFRC, 1993), de tal forma que la cantidad de NM que llega al intestino delgado está en función de la disponibilidad de energía y de N en rumen, y de la eficiencia con que los microorganismos lo utilizan (Sniffen y Robinson, 1987).





Existen varios métodos para estimar el aporte de NM, entre ellos, el uso de derivados de purina urinaria (PD) (Chen y Gomes, 1995; Verbic *et al.*, 1990). El uso de modelos de simulación puede ser una alternativa para estimar el aporte de N a duodeno. El sistema de valoración proteica y energética, desarrollado por la Universidad de Cornell, conocido como "Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)", cuantifica el aporte de N bacteriano a duodeno (BNU) mediante un modelo mecanístico (Fox *et al.*, 2004). Adicionalmente, el CNCPS predice el balance de N en rumen, que indica si se satisfacen los requisitos de N de las bacterias del rumen. Cuando el balance de N en rumen es positivo, el exceso de N se excreta como urea y contribuye al costo energético para la síntesis de la urea.

El objetivo de este trabajo fue estimar el porcentaje adecuado de *Leucaena* en la dieta de novillas alimentadas con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), para maximizar la eficiencia del aporte de proteína microbiana mientras se reduce la excreción de N-ureico.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, en Mérida, México. El clima en la región es tropical lluvioso, con temperatura promedio de 26.8 °C (García, 1998) y precipitación anual promedio de 984.4 mm.

Este estudio se realizó en dos etapas: Etapa 1. Estimación del aporte y eficiencia de nitrógeno microbiano a través de la técnica de derivados de purinas (DP). Etapa 2. Estimación del aporte de nitrógeno bacteriano (BNU) con el modelo CNCPS, versión 5.0 (Level 2). Ambas etapas fueron realizadas en novillas alimentadas con diferentes niveles de *Leucaena*. Para ello se utilizaron datos de un experimento previo (Piñeiro, 2016). Se utilizaron cinco novillas cruzadas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) con un peso vivo promedio de 295 ± 19 kg, mantenidas en cajas metabólicas, en un edificio techado, con piso de concreto, sin paredes. La ración basal consistió en forraje fresco, picado, de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y niveles crecientes de forraje fresco, picado, de *Leucaena*. El contenido de N en





Leucaena fue de 25.6 g/kg MS, equivalente a 160 g proteína/ kg MS. Los tratamientos experimentales fueron niveles crecientes de *Leucaena*: 0, 20, 40, 60 y 80% (Piñeiro, 2016).

Etapa 1

En esta etapa, el volumen total de orina fue colectado durante 24 h al 10% de ácido sulfúrico, para mantener un pH < 3 y evitar la volatilización del N. Del volumen diario total, se obtuvieron alícuotas (100 a 120 ml) de orina que se congelaron a -4 °C hasta el análisis químico, para determinación de derivados de purinas y N-ureico. Los detalles experimentales han sido presentados previamente (Piñeiro, 2016).

Procedimiento analítico

a) Derivados de purinas (DP) y síntesis de N microbiano

Las determinaciones de alantoína y ácido úrico se realizaron por colorimetría, empleando un espectrofotómetro (Modelo DU-650, Beckman Instruments, E.U.A.) de acuerdo a la metodología descrita por Chen *et al.*, 1993.

La cantidad de absorción de DP se calculó a partir de la excreción de DP (alantoína y ácido úrico), basándose en la relación derivada de la ecuación de Chen y Gomes (1995); $Y = 0.385 \text{ kg PV}^{0.75} + 0.85 * X$. El aporte de proteína microbiana expresada como nitrógeno microbiano (SNM) se estimó por la excreción urinaria de DP, según Chen y Gomes (1995): $\text{SNM (g N/d)} = X \text{ (mmol/d)} * 70 / 0.116 * 0.83 * 1000 = 0.727 * X$; donde, X y Y son absorción y excreción de DP en mmol/d, respectivamente.

b) Eficiencia del aporte de N microbiano

La eficiencia del aporte de N microbiano (ESNM) se calculó usando la siguiente fórmula: $\text{ESNM} = \text{N microbiano (g/d)} / \text{kg DOMR}$, donde DOMR es la materia orgánica digestible aparentemente fermentada en el rumen (suponiendo que la digestión ruminal es 650 g/kg materia orgánica digerida en el tracto total); $\text{DOMR} = \text{DOMI} * 0.65$, $\text{DOMI} = \text{consumo de materia orgánica digestible según el ARC (1984)}$.

c) Excreción de N ureico urinario

La concentración de urea se determinó mediante el método colorimétrico modificado de ureasa Berthelot. El N-ureico excretado por la orina se determinó sobre la base de la relación existente entre el peso molecular de la urea y el peso molecular del N que la compone, que





es de 46.65 %. La cantidad de urea excretada se obtuvo previamente en gramos. Estos valores se utilizaron en la siguiente relación: N-ureico (g)= urea (g) x 0.4665.

Etapa 2

a) Base de datos

Los datos individuales utilizados se obtuvieron de novillas alimentadas con diferentes niveles de *Leucaena* (n =5) de un experimento previo (Piñeiro, 2016). Para la evaluación del modelo CNCPS versión 5.0 (Level 2) (Fox *et al.*, 2004), se generaron predicciones con el modelo para cada vaca por periodo de muestreo (n=25), utilizando promedios de consumo de materia seca (MS) por un período de 5 d. La información que se tomó del experimento previo incluyó peso vivo (kg), nivel de *Leucaena* en la dieta (% de MS) y consumo de MS (kg/d).

b) Entradas al modelo

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los insumos, características de los animales y el medio ambiente ingresados al modelo. La información sobre la composición nutricional de los alimentos se ingresó en la biblioteca de alimentos del modelo (Cuadro 2).

Cuadro 1. Descripción de los insumos utilizados para la evaluación de las predicciones de consumo de MS y N bacteriano con el modelo CNCPS.

Descripción de la información	Novillas
Descripción:	
Tipo de animal	Crecimiento/Finalización
Edad (meses)	18
Sexo	Hembra
Peso actual (kg)	295 ± 19
Peso maduro (kg)	550
Peso corporal	Peso Vivo
Tipo racial	Carne x leche (doble propósito)
Sistema de calificación	Marmoleo escaso (22% de grasa corporal)
Producción:	
Condición corporal (lechero; escala 1 a 9)	5
Sistema de cruzamiento	Cruza de tres razas
Raza del padre	Holstein
Raza del abuelo paterno	Holstein
Raza de la abuela paterna	Brahman





Continúa Cuadro 1...

Descripción de la información	Novillas
Ambiente:	
Aditivos	Ninguno
Grasa adicionada	No
Velocidad del viento (kph)	16
Temperatura previa (°C)	26
Humedad relativa previa (%)	80
Temperatura actual (°C)	26
Humedad relativa actual (%)	80
Horas en el sol	4
Exposición a tormentas	No
Profundidad del pelo (cm)	0.64
Profundidad del suelo (lodo)	0
Piel	Promedio
Capa del pelo	Sin lodo
Respiración agitada	Ninguna
Temperatura mínima nocturna (°C)	18
Actividad	Confinamiento

± Desviación estándar.

Cuadro 2. Descripción de composición de las dietas ingresadas al modelo para predecir el N microbiano a través del modelo CNCPS.

Composición	Novillas	
	PP	LL
MS (% base húmeda)	23.7	32.6
FDN (% MS)	67	58
Lignina (% FDN)	7	16
PC (% MS)	6.06	16
Grasa (% MS)	2.3*	0.7*
Cenizas (% MS)	5.1*	5.3*
Proteína soluble (% PC)	46*	33.5**
Nitrógeno no protéico (% proteína soluble)	2.2*	72.6**
NDFIP (% PC)	2.2*	49.9**
ADFIP (% PC)	0.9*	12.5**

PP: *Pennisetum purpureum*. LL: *Leucaena leucocephala*. MS: materia seca. FDN: Fibra detergente neutro. PC: Proteína cruda. NDFIP: Proteína insoluble en solución detergente neutro. ADFIP: Proteína insoluble en solución detergente ácido. *CNCPS versión 5.0 Tropical Feed Library. **Juárez-Lagunes (2018) (comunicación personal).





a) Predicciones de consumo y N bacteriano con el modelo CNCPS

El modelo CNCPS (versión 5.0) (Fox *et al.*, 2004) se utilizó para predecir el balance de N en rumen (BNR, % requerimiento), costo de urea (Mcal/d) y aporte de nitrógeno bacteriano (BNU, g/d). Estas variables se predijeron a partir de los datos generados del experimento y datos presentados en los Cuadros 1 y 2.

Diseño experimental y análisis estadísticos

En las etapas 1 y 2, las variables DP, SNM, ESNM, N-ureico, BNR, costo de urea y BNU se sometieron a análisis de varianza para un diseño Cuadrado Latino 5x5 (Cochran y Cox, 1991), usando el procedimiento GLM (PROC GLM) de SAS (2003). El modelo usado fue $Y_{ijkl} = \mu + P_i + A_j + T_k + e_{ijkl}$, donde Y_{ijkl} es la l-ésima observación de la variable dependiente, μ es la media general, P_i es el efecto del i-ésimo período, A_j es el efecto del j-ésimo animal, T_k es el efecto del k-ésimo nivel de *Leucaena* y e_{ijkl} es el efecto del l-ésimo error residual. Las medias de cuadrados mínimos de los niveles de *Leucaena* fueron estimadas con la opción LSMEANS, mientras que las comparaciones entre ellas ($P < 0.05$) se realizaron con la prueba de Tukey.

Adicionalmente, se realizó un análisis de superficie de respuesta con contrastes ortogonales (Kaps y Lamberson, 2004) para evaluar los efectos lineal, cuadrático y cúbico (SAS, 2003) del nivel de *Leucaena* sobre las variables estudiadas.

Resultados y discusión

La síntesis de N microbiano en el rumen proporciona la mayoría de las proteínas suministradas al intestino delgado de los rumiantes, lo que representa del 50 al 100% de las necesidades de N absorbible en rumiantes (AFRC, 1993; Clark *et al.*, 1992; Dijkstra *et al.*, 1998; Storm y Ørskov, 1983), con alta digestibilidad intestinal (Stern *et al.*, 1994). En el presente estudio, el nivel de inclusión de *Leucaena* en la dieta no mostró efecto ($P > 0.05$) sobre el SNM calculado a través de derivados de purinas, en contraste, el BNU estimado con el modelo CNCPS mostró una respuesta lineal positiva ($P < 0.05$) (Cuadro 3). El valor más alto





en SNM (72 g N/d) se encontró en el nivel 20% de *Leucaena*, mientras que el BNU (68 g N/d) en el nivel 60% de *Leucaena*.

Los valores de la ESNM fueron de 14 a 33 g N/kg DOMR, con respuesta cuadrática ($P < 0.05$) al nivel de *Leucaena* en la dieta (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los reportados por Hung *et al.* (2013), quienes reportaron un rango de 18 a 35 g N/kg DOMR en búfalos alimentados con niveles crecientes de *Leucaena* (0 a 45%). La máxima ESNM (33.4 g N/kg DOMR) se observó con el nivel 20% de *Leucaena*.

La excreción urinaria de derivados de purina se considera un indicador de la producción microbiana en el rumen (Chen y Gomes, 1995). La excreción total de derivados de purina (TDP) fue similar ($P > 0.05$) entre los tratamientos; la excreción promedio fue de 51.92 mmol/d. El balance de nitrógeno en el rumen (BNR) como porcentaje del requerimiento de N se vio afectado significativamente ($P < 0.05$; Cuadro 3) por el nivel de *Leucaena* en la dieta. Con 0% de *Leucaena* se observó 17% de exceso de N en rumen. El valor óptimo de BNR se alcanzó al incluir 20% de *Leucaena* en la dieta. El efecto del nivel de *Leucaena* en la dieta mostró respuesta lineal positiva ($P < 0.05$) sobre la excreción de N-ureico ($P < 0.05$) (observado) y costo de urea ($P < 0.05$) (pronosticado).

Estos resultados muestran que tanto la ESNM (observada) como BNU (pronosticado) alcanzaron su nivel óptimo al alimentar a las novillas con 20% de *Leucaena*. Después del nivel 20% de *Leucaena*, la excreción de N-ureico (observado) y el costo de urea (pronosticado) incrementaron linealmente, resultados que concuerdan con el incremento del BNR a partir de este nivel.

Estos resultados podrían explicarse por la falta de energía en rumen para la captura de N, que con mayor frecuencia limita el crecimiento microbiano (Clark *et al.*, 1992). Karsli y Russell (2001) indican que el aporte de energía suele ser el primer factor limitante para el crecimiento microbiano en el rumen. Por su parte, Orskov (1992) indica que la síntesis de proteína microbiana se puede maximizar, si se sincroniza la disponibilidad de energía fermentable y de N degradable para los microorganismos en el rumen. Por lo tanto, al suplementar novillas con *Leucaena* como fuente de proteína en niveles mayores al 20%, se deberá suministrar una fuente de energía que permita la captura del N aportado por la *Leucaena* y evitar la pérdida de N-ureico en orina.





Conclusiones

La suplementación de *Leucaena* aumentó significativamente la proteína microbiana expresada en forma de N en novillas. Además, hubo un aumento en la excreción de N-ureico al aumentar el nivel de suplementación con *Leucaena*. ESNM, BNU y BNR alcanzaron su nivel óptimo al suplementar a novillas con 20% de *Leucaena*. Por lo tanto, en novillas se recomienda la suplementación proteica con 20% de *Leucaena* en dietas con pasto *Pennisetum purpureum*; a niveles mayores, se recomienda proporcionar fuentes de energía en la dieta para capturar el N que aporta la *Leucaena* y evitar la pérdida de N en orina.

Cuadro 3. Eficiencia en el aporte de nitrógeno en duodeno y predicciones realizadas con el modelo CNCPS para balance de N en rumen en novillas suplementadas con *Leucaena*.

<i>Leucaena</i> (% MS)	Observado				Predicciones CNCPS		
	TDP (mmol/d)	SNM (g N/d)	ESNM (g N/kg DOMR)	N-ureico (g N/d)	BNR (% Req)	Costo de urea (Mcal/d)	BNU (g N/d)
0	74.1±9.9	47.8±5.9	14.8±3.5	4.9±6.5	90.2±0.2	0.00±0.01	59.0±2.6
20	112.6±8.3	72.7±5.9	33.4±3.5	13.5±8.0	100.6±0.2	0.03±0.01	67.2±2.6
40	98.7±8.3	61.3±5.9	31.3±4.3	16.6±5.4	107.6±0.2	0.06±0.01	71.8±2.6
60	102.8±8.3	66.0±7.0	31.7±4.3	46.6±5.4	112.6±0.2	0.12±0.01	77.2±2.6
80	109.5±8.3	58.1±7.0	24.4±5.1	56.1±5.4	117.0±0.2	0.15±0.01	79.6±2.6
Significancia	0.0911	0.1168	0.0339	0.0005	<.0001	<.0001	0.001
L	0.0544	0.5049	0.2338	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Q	0.1918	0.0639	0.0147	0.2428	<0.0001	0.0584	0.2972
C	0.0647	0.2791	0.3261	0.5049	0.0002	0.0524	0.9441

TDP: Total de derivados de purinas; SNM: Aporte de N microbiano; ESNM: Eficiencia del aporte de N microbiano; BNR: Balance de N en rumen (%Req); BNU: Aporte de NM pronosticado con el CNCPS; L: contraste lineal; Q: contraste cuadrático; C: contraste cúbico.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. A. T. Piñeiro Vázquez por proporcionar amablemente las muestras de orina de las novillas.





Literatura citada

- AFRC, 1993. Energy and protein requirements of ruminants : an advisory manual / prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients ; compiled by G. Alderman, in collaboration with B.R. Cottrill. - Version details. CAB International, Wallingford, U.K. 159 p.
- ARC, 1984. Agricultural Research Council. The nutrient requirements of ruminant livestock. Supplement No. 1. Report of the Protein Group of the ARC Working Party Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough, UK. 45 p.
- Bacab, H.M., Madera, N.B., Solorio, F.J., Vera, F. y Marrufo, D.F., 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17(3):67-81.
- Chen, X. and Gomes, M., 1995. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – An overview of technical details. Rowett Research Institute. ed, Occasional publication. International Feed Resources Unit, Bucksburn Aberdeen, UK.
- Chen, X.B.; Kyle, D.J. and Ørskov, E.R., 1993: Measurement of allantoin in urine and plasma by high-performance liquid chromatography with pre-column derivatization. *Journal of Chromatography – Biomedical Applications* 617:241–247.
- Clark, J.H., Klusmeyer, T.H. and Cameron, M.R., 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 75:2304–2323.
- Cochran, W.G. and Cox, G.M, 1991. *Diseños experimentales*, 2a Ed. ed. Trillas, México. 661 p.
- Dijkstra, J., France, J. and Davies, D.R., 1998. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. *Journal of Dairy Science* 81:3370–3384.
- Fox, D., Tedeschi, L., Tylutki, T., Russell, J., Van Amburgh, M., Chase, L., et al. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology* 112:29–78.





- García, E., 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, Instituto de Geografía. UNAM. ed. CONABIO, México. 90 p.
- García, G.W., Ferguson, T.U., Neckles, F.A. and Archibald, K.A.E., 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. *Animal Feed Science and Technology* 60:29–41. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00922-1](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00922-1)
- Hoogendoorn, C.J., Betteridge, K., Costall, D.A. and Ledgard, S.F., 2010. Nitrogen concentration in the urine of cattle, sheep and deer grazing a common ryegrass cocksfoot white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 53:235–243.
- Hung, L.V., Wanapat, M. and Cherdthong, A., 2013. Effects of *Leucaena* leaf pellet on bacterial diversity and microbial protein synthesis in swamp buffalo fed on rice straw. *Livestock Science* 151, 188–197.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p.
- Kaps, M. and Lamberson, W. (Eds.), 2004. *Biostatistics for animal science*. CABI, Wallingford. 445 p.
- Karsli, M.A. and Russell, J.R., 2001. Effects of some dietary factors on ruminal microbial protein synthesis. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 25:681–686.
- Ku Vera, J.C., Briceño, E.G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A.J., Aguilar, C.F. et al. 2014. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48(1):43-53.
- Nasiru, A., Ibrahim, M.H. and Ismail, N., 2014. Nitrogen losses in ruminant manure management and use of cattle manure vermicast to improve forage quality. *International Journal Recycl? Org? Waste Agricult* 3:57.





- O'Mara, F.P., 2011. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Animal Feed Science and Technology*, Special Issue: Greenhouse Gases in Animal Agriculture-Finding a Balance between Food and Emissions 166–167: 7–15.
- Orskov, E.R., 1992. *Protein Nutrition in Ruminants*, Second Edition. ed. Academic Press, New York, EUA. 175 p.
- Piñeiro, V.A.T., 2016. Digestibilidad y producción de metano en rumiantes alimentados con follaje de árboles tropicales que contienen taninos condensados. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. 186 p.
- Rotz, C.A., 2018. Modeling greenhouse gas emissions from dairy farms. *Journal of Dairy Science* 101:6675–6690.
- SAS. 2003. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.1. SAS, Cary, NC, USA.
- Sniffen, C.J. and Robinson, P.H., 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *Journal of Dairy Science* 70:425–441.
- Solorio, F.J., Basu, S.K., Sarabia, L., Ayala, A., Ramírez, L., Aguilar, C. et al. 2016. The potential of silvopastoral systems for milk and meat organic production in the tropics, in: Nandwani D. (eds) *Organic Farming for Sustainable Agriculture*. Sustainable Development and Biodiversity, vol 9. Springer, Cham.
- Stern, M.D., Varga, G.A., Clark, J.H., Firkins, J.L., Huber, J.T. and Palmquist, D.L., 1994. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen¹. *Journal of Dairy Science* 77:2762–2786.
- Storm, E. and Ørskov, E.R., 1983. The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants: 1. Large-scale isolation and chemical composition of rumen micro-organisms. *British Journal of Nutrition* 50:463–470.
- Verbic, J., Chen, X.B., MacLeod, N.A. and Ørskov, E.R., 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. *The Journal of Agricultural Science* 114:243–248.





ESTIMACIÓN *In vitro* DE METANO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN DIETAS PARA GANADO DE ENGORDA

Cecilia Guadalupe Pereyra Tamayo^{162*}, René Pinto Ruiz¹⁶², Roselia Ramírez Díaz¹⁶², Luis Fernando Molina Paniagua¹⁶², José Antonio Jiménez Trujillo¹⁶², Deb Raj Aryal¹⁶², Alejandro Ley de Coss¹⁶² y Francisco Guevara Hernández¹⁶²

Resumen

El objetivo del presente trabajo es conocer el efecto de la dieta sobre la producción de metano y dióxido de carbono en ganado bovino de engorda. Se realizó en el Centro Universitario de Transferencia de Tecnología (CUTT) San Ramón y laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas. Se evaluaron dos dietas (tratamientos). Una dieta convencional (D1), obtenida a través de un diagnóstico realizado a productores de la región frailesca del estado de Chiapas, compuesta por 59.5% de pollinaza, 16% de maíz, 7% de sales minerales y 17.5% de heno (*Brachiaria dictyoneura*), y una dieta propuesta (D2) con 29% de pollinaza, 45% de maíz y 26% de heno (*B. dictyoneura*). Se estimó el porcentaje de materia seca, proteína cruda, cenizas y materia orgánica de las dietas. La fermentación, fracciones de fermentación, digestibilidad y gases efecto invernadero (metano y dióxido de carbono) se determinaron por la técnica de producción de gas *in vitro*. El líquido ruminal utilizado para las pruebas se obtuvo de seis toretes de la raza Suizo Americano de un año, mismos que fueron adaptados al consumo de dietas evaluadas (D1 y D2) durante un periodo de 20 días. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos tratamientos con tres repeticiones, considerando el líquido ruminal de cada becerro como repetición. Las variables de respuesta fueron analizadas estadísticamente utilizando la prueba de t de Student. La dieta convencional presentó mayor contenido de MS, PC y Ce, mientras que la D2 presentó mayor ($p < 0.5$) volumen máximo de gas (Vm), pero similar porcentaje de digestibilidad de la materia seca a 24 h (DIVMS24) ($p > 0.05$). La D2 presentó mayor ($p < 0.05$) fracciones de fermentación media (FM) y fermentación lenta (FL). La D2 produjo menor volumen de metano más gases

¹⁶²Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. * pereyram092@hotmail.com





menores (VCH_4+GM) y mayor volumen de dióxido de carbono (VCO_2). Se concluye que formular dietas de acuerdo a los requerimientos nutricionales y niveles de ingredientes recomendados es posible disminuir la emisión de metano y dióxido de carbono producido por rumiantes.

Palabras clave: Gases efecto invernadero, gas *in vitro*, rumiantes

Introducción

La producción de carne de bovino en México procedente de corrales de engorda, es de gran importancia socioeconómica, pues representa 35.0 % de la producción nacional, que en 2017 fue de 1, 926, 901 toneladas (t) de carne en canal de los cuales el 5.42% fue producido en el estado de Chiapas (SIAP, 2017). Así, la ganadería bovina se considera la base del sector primario y una actividad importante en la economía del estado. En la actualidad la producción ganadera es una de las causas principales de los problemas ambientales más apremiantes a nivel mundial, como la degradación de las tierras, la contaminación del agua, pérdida de biodiversidad y cambio climático (FAO, 2009). Este último, causado principalmente por el calentamiento global debido a las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) como metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Se estima que las actividades agrícolas son responsables del 25% de los flujos de CO_2 antropogénico, 55-60% del total de las emisiones de CH_4 (Santillán *et al.*, 2016). De los cuales, el sector ganadero es el principal responsable de las emisiones de CH_4 (Bonilla y Lemus, 2012). Por ello, se han planteado diversas estrategias para la mitigación de GEI. La producción de CH_4 en los rumiantes está influenciada por factores como consumo de alimento, composición de la dieta y digestibilidad del alimento, principalmente. Por tal motivo, la implementación de estrategias alimenticias en la producción bovina se debe basar en mejorar las características de la dieta y, por tanto, los parámetros fermentativos a nivel ruminal, reflejándose en una disminución en las emisiones de metano y a la vez permitirá aminorar los efectos en la contaminación ambiental (Vargas *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es conocer el efecto de la dieta sobre la producción de metano y dióxido de carbono en ganado bovino de engorda.





Materiales y métodos

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Universitario de Transferencia de Tecnología (CUTT) San Ramón y laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizado en el municipio de Villaflores, Chiapas, ubicado entre los paralelos 16°14'1" N y 93°16'0" O, con una altitud de 837 m (INEGI, 2014). El lugar presenta una precipitación promedio anual de 1,200 mm y una temperatura promedio anual de 23.8 °C, oscilan entre 21 y 25 °C. Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1988). Se trabajó con seis toretes de la raza Suizo Americano de un año. Se buscó que los animales tuvieran características fenotípicas homogéneas y con un buen estado nutricional. Los bovinos (donadores de líquido ruminal) fueron distribuidos aleatoriamente a dos tratamientos y posteriormente colocados en corrales individuales acondicionados con bebedero, comedero y sombra. Se realizó una adaptación de los toretes hacia el cambio de la dieta (D1 y D2) durante un periodo de 20 días. En el experimento se probaron dos dietas (tratamientos). Una dieta convencional, obtenida a través de un diagnóstico realizado a productores de la región frailesca del estado de Chiapas. La D1 estuvo compuesta por 59.5% de pollinaza, 16% de maíz, 7% de sales minerales y 17.5% de heno (*Brachiaria dictyoneura*), y una dieta propuesta (D2) con 29% de pollinaza, 45% de maíz y 26% de heno (*Brachiaria dictyoneura*), misma que fue formulada de acuerdo con los requerimientos nutricionales y niveles de ingredientes recomendados. Las dietas fueron analizadas para determinar el contenido de proteína cruda (PC), de acuerdo con la técnica del MicroKjeldal (Bateman, 1970), cenizas (Ce) y materia orgánica (MO) según A.O.A.C (1980). Los parámetros de fermentación y fracciones de fermentación se midieron por la técnica de producción de gas *in vitro* (Manke y Steingass, 1988), para lo cual se colocaron 0.5 g de sustrato por tratamiento (D₁ y D₂) en frascos de vidrio color ámbar de 125 mL de capacidad y posteriormente se les adiciono 90 mL de inóculo ruminal bajo un flujo continuo de CO₂. El inóculo ruminal fue preparado de la siguiente manera: se obtuvo líquido ruminal de los toretes previamente alimentados con D1y D2, el líquido ruminal de cada bovino se manejó por separado. Posteriormente se filtraron a través de ocho capas de tela de gasa y se adicionó en una proporción de 1:9 a una solución mineral reducida compuesta de K₂HPO₄ (0.45 g L⁻¹), KH₂PO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCO₃ (0.6 g L⁻¹), (NH₄)₂SO₄ (0.45 g L⁻¹), NaCl





(0.9 g L⁻¹), MnSO₄ (0.18 g L⁻¹), CaCl₂ (0.12 g L⁻¹), L-cisteína (0.25 g L⁻¹) y Na₂S (0.25 g L⁻¹). Se incluyeron tres frascos blancos (sin sustrato) para cada tratamiento, los frascos fueron tapados herméticamente con un tapón de goma y aro metálico, con el uso del manómetro se extrajo el exceso de CO₂ para igualar la presión a cero y se colocaron en baño maría a 39°C. La presión de gas de fermentación se midió con el manómetro (0 a 1 Kg cm⁻²) a 2,4,6,8,12,16,20,24, 30, 36,42,48 60 y 72 h de incubación. Los valores de presión (kg cm⁻²) se transformaron a volumen de gas (mLg⁻¹ sustrato) con la ecuación de regresión (volumen = presión/0.019). Se estimaron los parámetros de la cinética de producción de gas: volumen máximo (Vm; mLg⁻¹), tasa (S; h⁻¹) y tiempo de retardo (L; h), los cuales fueron ajustados con el modelo logístico $V=V_m/1+(e^{(2-4S(T-L))})$ (Schofield y Pell, 1995). Se calcularon las fracciones fermentables de gas para los intervalos de tiempo de 0 a 8 (Vf₀₋₈), 8 a 24(Vf₈₋₂₄) y 24 a 48 (Vf₂₄₋₄₈) horas de incubación. Estos volúmenes fraccionales (mL g⁻¹), fueron transformados a fracciones (g kg⁻¹) de rápida (FR), media (FM) y lenta (FL) fermentación mediante las siguientes ecuaciones de regresión: FR (g kg⁻¹) = Vf₀₋₈ / 0.4266 (R² = 0.9441), FM (mg g⁻¹) = Vf₈₋₂₄ / 0.6152 (R² = 0.998) y FL (mg g⁻¹) = Vf₂₄₋₇₂ / 0.3453 (R² = 0.9653) (Miranda *et al.*, 2015). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca a 24 h (DIVMS24) se calculó por diferencia entre el peso de la materia inicial antes de ser incubada y el peso de la materia residual después de 24 horas de incubación. Al final del periodo de incubación el residuo de cada frasco se filtró a través de papel de filtrado previamente pesado. Los papeles con residuo se secaron a 65 °C por 24 h y se pesaron. Para la estimar la producción de CH₄ y CO₂, se utilizaron frascos de 125 mL de capacidad se colocaron 0.5 g de cada sustrato (D1 y D2) y 90 mL de inóculo ruminal, preparado de la misma manera descrita en la prueba anterior. Los frascos herméticamente cerrados fueron incubados a 39°C en baño maría. El volumen total de gas (VT; mL) se midió cada seis horas con la jeringa de vidrio hasta las 24 h. El gas atrapado en la jeringa fue inyectado en otros frascos de vidrio que contenían 40 mL de hidróxido de sodio (KOH, 1N) se mezcló suavemente sin dejar de presionar el émbolo de la jeringa, para luego dejar salir en gas que no reaccionó con el KOH. Éste último gas fue considerado como volumen de metano más gases menores (VCH₄+GM). El volumen de CO₂ (VCO₂) se obtuvo por diferencia del VT y VCH₄+GM. El VT, VCH₄+GM y VCO₂ se expresaron como mL g⁻¹ de MS. Las variables de respuesta se analizaron estadísticamente utilizando la prueba de t de Student (p<0.05).





Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta la composición química de las dietas evaluadas. Se aprecian los valores de materia seca (MS), proteína cruda (PC), materia orgánica (MO) y cenizas (Ce). La D1 presentó mayor porcentaje de MS, PC y Ce ($p < 0.05$) con 93.19, 19.4 y 15.79 %, respectivamente. La concentración de MO para la D1 fue inferior ($p < 0.05$) a la concentración presentada por D2 con 94.71%. La diferencia en la composición química de las dietas, posiblemente se debe a factores relacionados con el tipo de alimento y al porcentaje de inclusión de cada uno de ellos en la preparación de las dietas.

Cuadro 1. Composición química de dietas evaluadas.

	% MS	% PC	% MO	% Ce
D1	93.19 ^a	19.4 ^a	84.20 ^b	15.79 ^a
D2	92.70 ^b	15.05 ^b	94.71 ^a	5.28 ^b

Medias con literal distinta en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$). D1=dieta convencional, D2= dieta propuesta, MS= materia seca, PC = proteína cruda, MO= materia orgánica, Ce= cenizas.

Los parámetros de fermentación y digestibilidad *in vitro* a 24 h (DIVMS24) de las dietas evaluadas se presentan en el Cuadro 2. La fase Lag (L) fue similar entre las dietas evaluadas ($p > 0.05$), sin embargo, la D1 se fermenta más rápidamente ($S = 0.036 \text{ h}^{-1}$) que la D2 ($S = 0.033 \text{ h}^{-1}$), mientras que el potencial de fermentación dado por el volumen máximo (Vm) fue mayor ($p < 0.05$) para la D2 (399.700 mL/g) que para la D1 (332.067 mL/g) (Figura 1). La DIVMS24 de la D1 y D2 fue de 60.22 y 55.52%, respectivamente ($p > 0.05$).

Cuadro 2. Parámetros de fermentación y DIVMS a 24 h de dieta propuesta para disminuir emisiones de gases efecto invernadero.

	S (h ⁻¹)	L (h)	Vm (mL/g)	DIVMS24 (%)
D1	0.036 a	2.99 a	332.067 b	60.22 a
D2	0.033 b	2.26 a	399.700 a	55.52 a

Medias con literal distinta en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$). D1= convencional. D2= propuesta. Vm: Volumen máximo de gas. S: Tasa o Velocidad de fermentación. L: Fase Lag. DIVMS24: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca a 24 h.

Los parámetros de fermentación y digestibilidad pueden variar de acuerdo la composición química de los alimentos, principalmente de PC (Hernández *et al.*, 2010). Por su parte,





Noguera *et al.* (2006) señalan que estos parámetros están regulados por el contenido de energía de los alimentos, misma que favorece el crecimiento microbiano, rápida colonización del sustrato y aprovechamiento de los mismos.

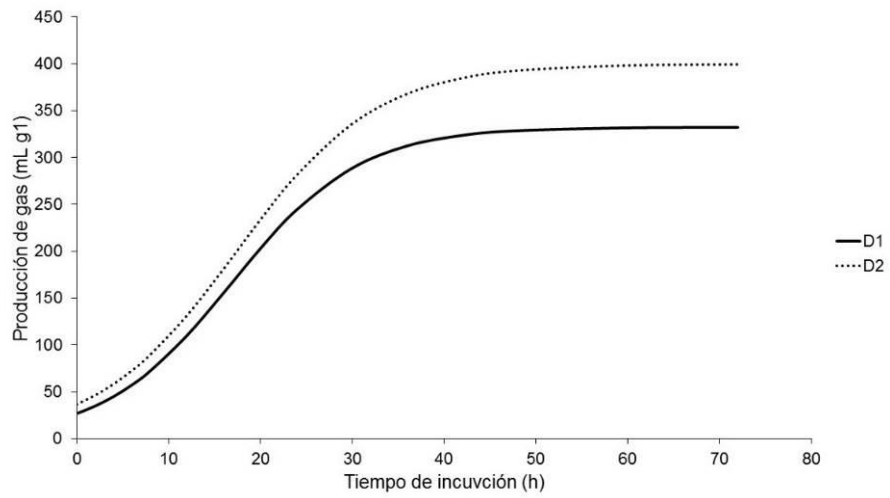


Figura 1. Cinética de fermentación in vitro de dieta propuesta para disminuir emisiones de gases efecto invernadero.

En el Cuadro 3, se muestra los volúmenes de gas (mL g⁻¹) a tres fracciones de tiempo 0 a 8; 8 a 24 y 24 a 72 h (FR₀₋₈, FM₈₋₂₄, FL₂₄₋₇₂) correspondientes al gas producido por carbohidratos solubles (CS), de reserva (CR) y estructurales (CE) (Sandoval *et al.*, 2016), respectivamente. Se observó que la D2 tuvo mayor ($p < 0.05$) fracción media y lenta fermentación. Pero igual ($p > 0.05$) en el contenido de fracción rápida con la D1. Por lo tanto, la fermentación total (FT) fue mayor para la D2 ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Fracciones fermentables de dieta propuesta para disminuir emisiones de gases efecto invernadero.

	Fracciones fermentables (mL g ⁻¹)			
	FR	FM	FL	FT
D1	205.90 ^a	250.900 ^b	303.41 ^b	760.217 ^b
D2	240.98 ^a	293.871 ^a	402.56 ^a	937.413 ^a

Medias con literal distinta en la misma columna son diferentes ($P < 0.05$). D1=Control, D2= propuesta, FR: Fracción de Rápida; FM: Fracción de Media; FL: Fracción de Lenta fermentación; FT: Fracción Total.

La D2 mostró dos picos de mayor ($p < 0.05$) producción de gas de 8-24 y de 24 a 48 h (Figura 2), mismos que son atribuidos a CR como el almidón y polisacáridos de la pared celular

(celulosa y hemicelulosa ligadas a lignina). Lo anterior se relaciona con la mayor inclusión de maíz y heno en la dieta D2.

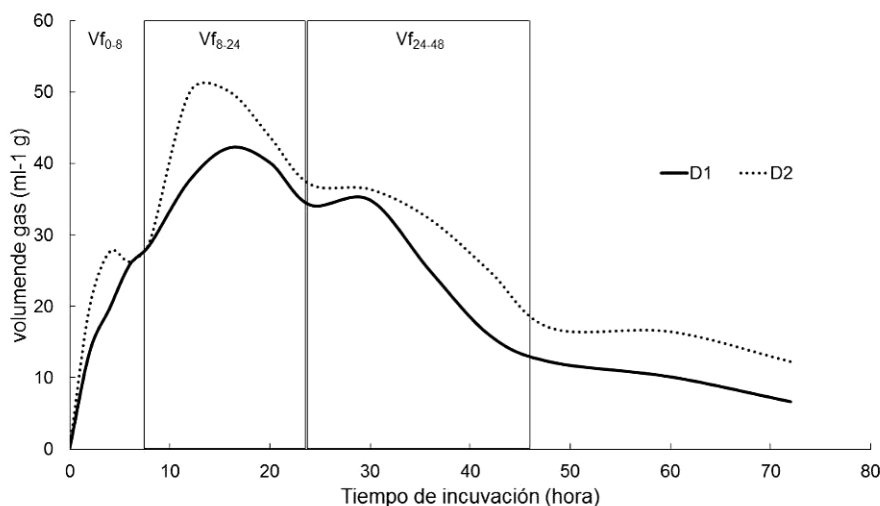


Figura 2. Volumen de gas por la fermentación in vitro de dietas evaluadas. Vf0-8, Vf8-24 y Vf24-72; Volumen fraccional de gas de 0 a 8, 8 a 24 y 24 a 72 h de incubación. D1=Dieta convencional, D2= Dieta propuesta.

El volumen total de gas (VT), volumen de metano más gases menores (V_{CH_4+GM}) y volumen de dióxido de carbono (V_{CO_2}) se muestran en el Cuadro 4. La D2 produjo mayor ($p < 0.05$) VT con 173.76 mL g^{-1} en comparación con la D1 (137.7 mL g^{-1}). Lo anterior, posiblemente se deba a la mayor producción de gas a 24 h de incubación (Cuadro 3). Por otro lado, la D2 produjo menor ($p < 0.05$) V_{CH_4+GM} en comparación con la D1 (13.5 y 20 mL g^{-1} , respectivamente), en contraste la fermentación de la D2 produjo mayor V_{CO_2} (122.8 mL g^{-1}), sin embargo, el metano posee 25-28 veces el potencial de calentamiento global con respecto al CO_2 (Hernández y Corona, 2018).

Respecto a la baja producción del V_{CH_4+GM} de la D2 en comparación con la dieta convencionalmente usada en los diferentes sistemas de producción de engorda de bovinos en Chiapas, posiblemente se deba a su mayor contenido de CR (Cuadro 3 y Figura 2). En este sentido, Misselbrook *et al.* (2010) indican que los alimentos con mayor contenido de carbohidratos soluble y de reserva presentan menor producción de metano, reduciendo la emisión del gas hasta en un 24 %. En el presente trabajo de investigación, con la D2 se logró una reducción del 32.5 % en la emisión del V_{CH_4+GM} . Por otro lado, la reducción de metano podría estar relacionada directamente con mayor aprovechamiento de la energía



proporcionada a los rumiantes por medio de la alimentación (Histrov *et al.*, 2015), por lo que mitigar los GEI por medio de estrategias de alimentación también podría mejorar los parámetros productivos.

Cuadro 4. Producción in vitro de dióxido de carbono y metano más gases menores de dieta propuesta para disminuir emisiones de gases efecto invernadero.

	VT (mL g ⁻¹)	VCH ₄ +GM (mL g ⁻¹)	VCO ₂ (mL g ⁻¹)
D1	137.7 ^b	20 ^a	122.8 ^b
D2	173.76 ^a	13.5 ^b	159.3 ^a

Literales distintos en la misma columna difieren estadísticamente ($p < 0.05$). D1=Dieta convencional, D2= dieta propuesta. VT= volumen total, VCH₄+GM = volumen de metano más gases menores, VCO₂= volumen de dióxido de carbono.

Conclusión

1.- Con la formulación de dietas, de acuerdo a los requerimientos nutricionales y niveles de ingredientes recomendados, es posible disminuir la emisión de metano y dióxido de carbono producido por rumiantes.

Literatura citada

- A.O.A.C. (1980). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical.
- Bateman, J.V. 1970. Nutrición Animal: manual de métodos analíticos. Edit. Herrero. México, D.F. p. 488.
- Bonilla, J. A. Lemus C. 2012. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. Rev Mex Cienc Pecu. 3(2):215-246.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. El papel del ganado en el cambio climático y en la contaminación atmosférica. Parte 4. Cap.386-139. <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf> [Consultado el 25 de junio de 2018].





- García, E.1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. 5 th. ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM.
- Hernández H. J., E. Franco G. F., J. Camacho R. J., C. Villareal E.B. O., A. Pedraza O.R., M. Plata P. F., X. y Mendoza M. G.D. 2010. Evaluación de vainas y hojas de árboles forrajeros por la técnica de producción de gas in vitro. *Zootecnia Trop.* 28(3): 421-426.
- Hernández, M. J., H. y Corona L.2018. El método y la ganadería bovina en México: ¿parte de la solución y no del problema? *Agroproductividad* 11(2):46-51.
- Histrov A.N., Oh. J. Giallongo F. Frederick T.W. Harper M.T. Weeks H..L. Branco A.F. Moate P.J. Deighton M.H. Williams S.R.O. Kindermann M. Duval S. 2015. An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* 112(34): 10663-10668.
http://www.engorda.siap.gob.mx/produccion/rep_mensual_est_opc_gobmx.php?
- INEGI Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2014., Marco Geoestadístico, versión 3.1, Frailesca, Chiapas.
- Menke, K. H. and H. Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Rural Develop.* 28: 7
- Miranda, R. L., A. L. Sandoval G., R. Y Améndola M. 2015. Producción de gas como método para estimar in vitro la concentración de carbohidratos fermentables en rumen. In: memorias del XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Puerto Varas, Chile, 9 al 13 de noviembre de 2015. Hotel patagónico. p 474.
- Misselbrook, T. Kim E.J. Bulmer, N. Munrray R. Scollan N. and Chadwick D. 2010. Evaluation of effects of grass water-soluble carbohydrate on methane emissions from grazing lambs. In: McGeough, E.J. and McGinn, S.M. (Eds.). *Proceeding of the 4th Greenhouse Gases and Animal Agriculture Conference.* Greenhouse Gases and Animal Agriculture Conference. Banff, Canadá.





- Noguera, R.R., Ramírez, I.C. & Bolivar, D.M. 2006. Efecto de la inclusión de papa (*Solanum tuberosum*) en la cinética de fermentación in vitro del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Lives. Res. Rural Develop.* 18:5.
- Sandoval, L; Miranda, R, L; Lara, B, A; Huerta, B, M; Uribe, G, M; Martínez, M, M. 2016. Fermentación in vitro y la correlación del contenido nutrimental de leucaena asociada con pasto estrella. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*: <http://www.uacm.kirj.redalyc.org/articulo.oa?id=263146726003> > ISSN 2007-0934. [Consultado el 5 de julio de 2018].
- Santillán, S. Etchevers V. Paz J. y Alvarado F. 2016. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana* 34(1): 83-96.
- SAS. 2004. *SAS User's Guide: Statistics*. Ver. 9.2. SAS Institute. Cary, N.C. 5180 p.
- Schofield, P. and A.N. Pell. 1995. Validity of using accumulated gas pressure readings to measure forage digestion in vitro: a comparison involving three forages. *J. Dairy. Sci.* 78: 2230-2238.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2017. Producción ganadera por estado. Chiapas. [tipo=0&anioRep=2016&entidadFed=30](http://siap.gob.mx/estadisticas/produccion-ganadera-por-estado) [consultado el 12 de junio de 2018].
- Vargas, J., E. Cárdenas. M. Pabón¹ y J. Carulla. 2012. Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo. *Arch. Zootec.* 61:51-66.





DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA EN BOVINOS ESTIMADA A PARTIR DE LIGNINA COMO MARCADOR INTERNO

Abraham Fragoso Islas^{163*}, Epigmenio Castillo Gallegos¹⁶⁴, Luis Corona Gochi¹⁶⁵ y Jesús Jarillo
Rojas¹⁶⁴

RESUMEN

Una alternativa para mejorar la alimentación del ganado en pastoreo es la inclusión de leguminosas en la dieta. El objetivo de este trabajo fue determinar la digestibilidad aparente estimada a partir de lignina como marcador interno, en bovinos alimentados con follaje de leguminosas y una gramínea tropical. Se utilizaron cuatro novillonas cruzadas (3/4 Cebú-1/4 Holstein) fistuladas al rumen, pesando en promedio 388.8 ± 18.1 kg/novillona, alojadas en corraletas individuales. Se empleó un diseño de cuadrado latino balanceado para efectos residuales. Tres dietas de 30% leguminosa + 70% pasto y un testigo 100% pasto: B. arrecta + Cratylia (Cr), B. arrecta + Gliricidia (Gl), B. arrecta + Erythrina (Er) y Brachiaria arrecta (Br). Se usó un diseño permutable (“cross-over”) con arreglo de cuadrado latino balanceado para efectos residuales, que contó con 4 periodos, 4 novillonas (columnas) y 4 tratamientos. Las diferencias se probaron a $P < 0.05$. En consumo ($\text{g/W}^{0.75}/\text{día}$), no difirió Cr y Gl (78.3 vs 80.4) pero estos si con Er y Br (66.4 vs 69.3 ± 8.5). La digestibilidad aparente (%) de la Materia Seca estimada a partir de la lignina como marcador interno, Cr no presentó diferencia significativa 59.6 ± 4.7 ($P > 0.05$) con los demás tratamientos, en tanto que Gl y Er fueron significativamente superiores ($P < 0.05$) a Br (60.4 , 63.9 vs 55.1 ± 4.7). Se concluyó que la estimación de la digestibilidad aparente, usando como marcador interno la lignina, es una técnica que nos puede inferir confiablemente este parámetro en rumiantes.

Palabras clave: Consumo, leguminosas, bovinos, trópico

¹⁶³ Becario CONACYT – FMVZ, UNAM – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

* fragoso.abraham@inifap.gob.mx

¹⁶⁴ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) - FMVZ-UNAM.

¹⁶⁵ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.





Introducción

Los rumiantes tienen la ventaja de que pueden ser alimentados exclusivamente con especies forrajeras. Esta posibilidad se basa en que pueden degradar carbohidratos estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, que son poco digeribles por los animales no rumiantes. Esta capacidad del rumiante se debe a la degradación del alimento por digestión fermentativa. Los microorganismos del rumen sintetizan y secretan complejos de β -1-4 celulasas y otras enzimas que permiten la hidrólisis de las paredes celulares de los forrajes. Sin embargo, la conversión de la fibra de los forrajes tropicales a productos asimilables por los animales no es muy eficiente (Barahona *et al.*, 2005).

En las zonas tropicales con épocas secas prolongadas, debidas a las variaciones en la precipitación pluvial, la ganancia diaria de peso y la producción de leche se reduce en forma significativa en forrajes basados principalmente en gramíneas, por la baja disponibilidad y calidad nutricional del pasto, lo que afecta la carga animal en el terreno y el comportamiento de los animales (Ku-Vera *et al.*, 2013, Lascano, 2002).

Un factor que afecta el consumo voluntario en bovinos en condiciones tropicales está relacionado directamente con la dieta fibrosa que estos rumiantes consumen. El tránsito lento del forraje consumido es una limitante de la capacidad física y del consumo, dado que la fibra es menos soluble y su tasa de degradación más lenta (Forbes, 2007 y Araujo-Febres, 2005). La baja digestibilidad acompañada de una lenta tasa de pasaje conlleva a un incremento en el tiempo de retención de la digesta en el rumen y disminución del consumo de alimento, teniendo como resultado un bajo rendimiento productivo en cuanto a la ganancia de peso y baja eficiencia reproductiva (Poppi y McLennan, 1995).

Al aumentar la edad de las plantas, se incrementan proporcionalmente los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) y se reduce el contenido celular, obligando a los rumiantes a pasar más tiempo regurgitando y masticando forrajes maduros que inmaduros, por lo cual la resistencia a la reducción del tamaño de partícula se relaciona con el contenido de fibra de la planta. Paralelamente con el aumento en edad de la planta disminuyen la densidad y proporción de hojas; aumentando la lignificación de las paredes celulares y con ello la pérdida de hoja por envejecimiento; ambos fenómenos limitan conjuntamente el consumo y la digestibilidad (Minson, 1990 y Araujo-Febres, 2005). Por lo





que el objetivo de este trabajo fue determinar la digestibilidad aparente estimada a partir de lignina como marcador interno, en bovinos alimentados con follaje de leguminosas y una gramínea tropical.

Materiales y métodos

El proyecto de investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) perteneciente a la FMVZ-UNAM, localizado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Localizado en el kilómetro 5.5 de la carretera Tlapacoyan-Martínez de la Torre Veracruz, es un clima cálido húmedo con lluvias todo el año, se encuentra a 113 m de altura sobre el nivel del mar.

Se utilizaron cuatro novillonas cruzadas (3/4 Cebú-1/4 Holstein), fistuladas al rumen que ingresaron con un peso promedio de 388.8 ± 18.1 kg/novillona y se alojaron en corraletas individuales techadas para resguardarlas del sol y la lluvia, teniendo cada una un área de 9 m², contando con comederos y bebederos individuales.

Las dietas fueron las siguientes: una del 100% de gramínea y tres de gramínea a razón de 70% más 30 % follaje de leguminosa, en base seca, lo que resultó en cuatro dietas experimentales diferentes o tratamientos. *B. arrecta* como gramínea, que se ofreció con cada una de las tres diferentes leguminosas a estudiar: *Cratylia argentea* (veranera), *Gliricidia sepium* (cocuite) y *Erytrina sp* (colorín) y como dieta testigo solo con *B. arrecta*.

Durante el desarrollo del trabajo se estimó el consumo de materia seca de la diferencia entre el forraje ofrecido y rechazado (g MS/animal) y luego se dividió entre el peso metabólico (kg PV^{0.75}) del animal, por lo que se expresó como g MS/kg PV^{0.75}.

Para las determinaciones de calidad nutricia se tomó una muestra diaria del alimento ofrecido en la mañana, durante los cuatro días del periodo de medición, al término del cual, se mezclaron en una sola, las cuatro muestras del material ofrecido se secaron a 55°C/48 horas, para después molerlas en molino Wiley con criba de 2 mm. En estas muestras se analizaron sus contenidos de proteína cruda (PC = [N]x6.25, %) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980), fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), y lignina-H₂SO₄ (LIG, %) de acuerdo con Van Soest et al. (1991), estas tres últimas con el analizador de fibras ANKOM 200®.





Las muestras de heces se tomaron a partir del día 11 en los siguientes horarios: Día 1, 7:50 y 13:50 h; día 2, 9:00 y 15:00 h; día 3, 10:50 y 16:50 h; y día 4, 12:00 y 18:00 h. Estas se tomaron directamente del ano del animal y se congelaron a -20°C hasta el final del periodo de colección y posteriormente se formó una muestra compuesta con alícuotas provenientes de las muestras individuales diarias. Estas muestras se sometieron a los mismos análisis que los alimentos.

Como marcador interno para estimar la digestibilidad aparente (DA) de la MS consumida, se utilizó el porcentaje de lignina de la dieta y de las heces correspondiente a cada tratamiento. La DA se obtuvo con la fórmula: $DA = (\% \text{ de lignina en la dieta} / \% \text{ de lignina en las heces fecales}) * 100$, esto bajo el supuesto de que la lignina- H_2SO_4 tuvo una digestibilidad nula a lo largo del ensayo y su recuperación fue también total.

Se usó un diseño permutable (“cross-over”) con arreglo de cuadrado latino balanceado para efectos residuales, que contó con 4 periodos, 4 novillonas (columnas) y 4 tratamientos. El modelo aditivo y lineal para analizar la información fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + H_j + T_k + \xi_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} , es la variable de respuesta, proveniente de la i -ésima columna (animal, $c = 1, 2, 3, 4$), la j -ésimo hilera (periodo, $h = 1, 2, 3, 4$) y el k -ésimo tratamiento, ($t = \text{Bsp} + \text{Cratylia argentea}$ [Bsp+Ca, Cr], Bsp + *Gliricidia sepium* [Bsp+Gs, Gl] y Bsp + *Erythrina sp* [BSp+Esp, Er] y *Brachiaria sp* sola [Bsp, testigo, Br]); μ , es la media general, común a todas las observaciones; y ξ_{ijk} es el error experimental supuesto $I, \sim N, 0, 1$, también común a todas las observaciones.

Los datos se analizaron con el procedimiento PROC MIXED de SAS . Los tratamientos se compararon mediante la prueba de t cuando el efecto del tratamiento fue significativo. El nivel de significancia para efectos del modelo y diferencias entre medias fue de $P < 0.05$.

Resultados y discusión

Composición química de las dietas experimentales.

El Cuadro 1 presenta los promedios \pm error estándar de cada componente químico de las dietas experimentales, así como la comparación múltiple entre medias. La MO fue menor





para Cr difiriendo significativamente ($P < 0.05$) de los demás tratamientos, que no mostraron diferencia entre ellos ($P > 0.05$). El contenido de PC fue similar ($P > 0.05$) para las dietas con leguminosas, pero estas superaron significativamente ($P < 0.05$) a la dieta testigo de sólo gramínea. En cuanto a FDN, la dieta de solo pasto fue superior ($P < 0.05$) a las de leguminosas, Cr y Er no difirieron entre ellas, pero sí con GL ($P < 0.05$). El porcentaje de FDA fue similar ($P > 0.05$) para las dietas con leguminosas, siendo superior a ellas la dieta testigo ($P < 0.05$). Para LIG, todos los tratamientos difirieron entre sí ($P < 0.05$), siendo Gl quien mostró el mayor contenido de lignina.

Cuadro 1. Composición química de las dietas experimentales durante el periodo de medición. Medias y error estándar.

Componente químico	Tratamientos				Error estándar
	Cr	Gl	Er	Br	
MO, %	91.0 ^a	92.8 ^b	92.5 ^b	92.5 ^b	0.4
Cen, %	9.0 ^a	7.2 ^b	7.5 ^b	7.5 ^b	0.4
PC, %	10.2 ^a	10.2 ^a	10.5 ^a	6.4 ^b	1.0
FDN, %	77.6 ^a	72.5 ^b	76.3 ^a	81.3 ^c	1.9
FDA, %	45.5 ^a	44.0 ^a	44.5 ^a	47.5 ^b	1.7
LIG, %	11.3 ^a	13.0 ^b	10.3 ^c	8.5 ^d	0.9

Literales diferentes dentro de filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos (Dietas).

Composición química de las heces

El Cuadro 2 presenta los promedios \pm error estándar de cada componente químico de las heces con respecto a las dietas experimentales, así como la comparación múltiple entre medias de tratamientos. Con relación a MO no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos. El contenido de PC fue menor para la dieta testigo en comparación con las de leguminosas, con mayor contenido para Cr y Gl que no difirieron entre ellas ($P > 0.05$), pero sí con respecto a Er. Para FDN la diferencia significativa ($P < 0.05$) se dio entre Cr y Br. En FDA las que difirieron ($P < 0.05$) fueron Gl y Er. El porcentaje mayor de LIG se presentó en Cr y Gl sin diferencias ($P > 0.05$) entre ellas, pero sí con respecto a Er y Br que tuvieron menores porcentajes.



Cuadro 2. Composición química de heces relacionadas a las dietas experimentales durante el periodo de medición. Medias y error estándar.

Componente químico	Dietas experimentales				Error estándar
	Cr	GI	Er	Br	
MO, %	88.9 ^a	89.2 ^a	88.5 ^a	89.0 ^a	1.0
Cen, %	11.1 ^a	10.8 ^a	11.5 ^a	11.0 ^a	1.0
PC, %	9.1 ^a	8.9 ^a	7.9 ^b	7.0 ^c	0.8
FDN, %	68.3 ^a	70.5 ^{ab}	69.8 ^{ab}	72.8 ^b	3.2
FDA, %	46.3 ^{ab}	47.3 ^a	44.8 ^b	45.8 ^{ab}	2.0
LIG, %	19.0 ^a	21.8 ^b	16.0 ^{cd}	15.5 ^d	2.0

Literales diferentes dentro de filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). Heces con relación a los tratamientos (Dietas).

Digestibilidad aparente

Cuadro 3. Media y error estándar para consumo voluntario ($\text{g/W}^{0.75}/\text{día}$) y digestibilidad aparente de los tratamientos involucrados en el trabajo.

Tratamientos	Consumo de MS ($\text{g/W}^{0.75}/\text{día}$)	Digestibilidad aparente (%)
Cr	78.3 ^a	59.6 ^a
GI	80.4 ^a	60.4 ^{ab}
Er	66.4 ^b	63.9 ^{ab}
Br	69.3 ^b	55.1 ^{ac}
EE	8.5	4.7

Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos. EE= error estándar de la media.

No hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre Cr y el GI en consumos totales de MS ($\text{g/W}^{0.75}/\text{día}$), pero si difirieron ($P < 0.05$) de Er y Br, sin que hubiera diferencias entre estos dos últimos.

La digestibilidad aparente de Cr no difiere con los demás tratamientos ya que su valor se encuentra en un punto medio entre los valores más altos y el más bajo. Pero si hay una variación significativa de Br en comparación con GI y Er, que fueron superiores al testigo. La digestibilidad del follaje de árboles y arbustos leguminosos es variable y modifica positivamente la población de microorganismos ruminales, lo que propicia un incremento en el consumo de alimentos fibrosos y en la producción animal (Rojo *et al.*, 2000).





El contenido de LIG mostró una tendencia diferente, ya que Cr y GI obtuvieron el mayor porcentaje, no difiriendo entre sí, posiblemente esta variable afectó a Cr en cuanto a digestibilidad aparente de la MS, lo que no la hizo diferente estadísticamente del tratamiento testigo; pues el porcentaje de lignina afecta directamente la digestibilidad de los forrajes utilizados como alimento en rumiantes (Reeves, 1997).

Conclusión

1.- La estimación de la digestibilidad aparente, usando como marcador interno la lignina, es una técnica que nos puede inferir confiablemente este parámetro en rumiantes, aunque no de una manera absoluta o exacta, pero tiene la ventaja que, por ser la lignina un componente indigerible de los alimentos no es necesaria la preparación del marcador.

Bibliografía

- Araujo-Febres O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos Tropicales. Univ. Zulia, Maracaibo. Venezuela; Pp. 1-10.
- Barahona, R.R. y Sánchez, P.S. 2005. Revisión: Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista Corpoica 6(1). Enero-junio.
- Forbes, J. M. 2007. Voluntary Food intake and diet selection in farm animals. Segunda edición. Editorial CAB International. Wallingford. Pp. 144– 171.
- Kú-Vera, J.C. Ayala-Burgos, A.J. Solorio-Sánchez, F.J. Briceño-Poot, E.G. Ruiz-González, A. Piñero-Vázquez, A.T. *et al.* 2013. Tropical tree foliage and shrubs as feed additives in ruminants rations. p. 59-76. Nutritional strategies of animal feed additives; Nova Science Publishers, Inc.
- Lascano, C.E. 2002. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. Arch Latinoam Prod Anim. 10(2): 126-132.





- Minson DJ. Forage in Ruminant Nutrition Cal. USA: Academic Press Inc. 1990; Pp. 17-58.
<http://books.google.com.mx/books>. [Consultado 12 de enero de 2018].
- Poppi, D.P. y McLennan, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture.
Journal of Animal Science. 73:278-290
- Reeves, J. B. III. 1997. Relationships between crude protein and determination of nondispersible lignin. J. Dairy. Sci. 80: 692 - 699.
- Rojo, R.R. Mendoza, M.G.D. García, B.C.M. Bárcena, G.J.R. y Aranda, E.M. 2000. Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 358-370.
- SAS. SAS/STAT® 2010. 9.22 User's Guide. Chapter 95: The MIXED Procedure (Book Excerpt). Cary, NC: SAS Institute Inc. Pp 4514-4718.
- Van Soest P.J., J.B. Robertson , B.A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci. 74(10):3583-97.





EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA DETERMINAR LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE ENSILADO

Francisco Javier Herrera Santiago^{166*}, Carlos Alberto Tinoco Alfaro¹⁶⁷, Nayib Bechara Acar Martínez¹⁶⁶, Luis Carlos Alvarado Gómez¹⁶⁶, Maximino Zito Romero Figueroa¹⁶⁶ y José Guadalupe Melchor¹⁶⁷

Resumen

En la actualidad Veracruz se ha consolidado como el estado con el mayor número de cabezas de ganado bovino de engorda, seguido por Sinaloa, Nuevo León y Jalisco. Esta situación ha motivado a ganaderos dedicados a manejar sistemas de producción de ganado bovino de engorda, a buscar alternativas para asegurar una buena alimentación de su ganado, de tal forma que las ganancias diarias de peso superen 1 kilogramo por día y con niveles de rentabilidad aceptables. Además del pastoreo de gramas mejoradas, una de las alternativas con mayores perspectivas es el ensilado de maíz, técnica de conservación de forrajes que permite tener alimento de calidad durante la época de secas, cuando las praderas disminuyen su producción, o bien como complemento en sistemas estabulados, para aportar fibra y energía de bajo costo. Con base en lo anterior, el presente estudio se realizó durante el ciclo otoño-invierno, en el rancho Las Maravillas en el municipio de Veracruz, con el objetivo de evaluar dos híbridos de maíz para determinar el desarrollo, rendimiento de forraje y calidad nutrimental del ensilado de dos genotipos. Para el estudio se utilizó un diseño de bloques al azar, midiendo durante el desarrollo del cultivo las variables: altura de la planta, diámetro del tallo y número de hojas; a la cosecha del forraje se determinaron las variables: producción de materia verde y ensilada de tallos, hojas y mazorca, además del valor nutrimental de cada uno de los genotipos ensilados, al momento de ser utilizados para alimentar al ganado. Los resultados de los análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas en la etapa de desarrollo, de producción biomasa y sus características nutrimentales, indicaron que ambos genotipos tuvieron potencial para ser

¹⁶⁶Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Universidad Veracruzana.

* francisco_eko@hotmail.com

¹⁶⁷ Sitio Experimental Papaloapan, Campo Cotaxtla, INIFAP.





ensilados y ser utilizados como alimento de bovinos de engorda, ya que su producción ensilada fue de 49 t/ha, con niveles de proteína y energía similares.

Palabras clave: Valor nutrimental, altura de plantas, número de hojas, alimento de bovinos

Introducción

En los últimos años, México ha sobresalido en la producción mundial de ganado bovino, lo anterior se puede constatar por el sexto lugar obtenido en 2015 en la producción de carne de bovino y el cuarto lugar en la exportación de dicho producto. Para lograr lo anterior, en la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2014, se estimó que existía una población total de 28.4 millones de cabezas de bovinos a nivel nacional, siendo los principales estados productores: Veracruz de Ignacio de la Llave con 3.4 millones, seguido por Jalisco con 2.3 millones y Chihuahua con 2.0 millones (INEGI, 2014). De las cifras anteriores, las relacionadas con la engorda de bovinos, señalan a Veracruz como el estado con el mayor número de cabezas, con un 14.8%, seguido por Sinaloa con 12.4%, Nuevo León con 7.5% y Jalisco con 6.9%. Es importante señalar que los niveles de producción de carne en el país han ido en aumento, ya que en el 2016 se reportaron 1'878,705 toneladas, pasando en el 2017 a 1'925,365 toneladas, aumentando 41,636 toneladas en un año y para el 2018 se estima que hay una producción de 1'976,124 toneladas (SIAP, 2018), lo que conlleva a que la dinámica del mercado y la industria de la carne estén en constante evolución y exigen a los ganaderos mayor producción, calidad y rentabilidad de sus sistemas de producción.

En la actualidad, el mejoramiento de los sistemas de engorda de ganado bovino se sustenta en la producción de forrajes de alta calidad, que al suministrarse solos o en combinación con alimentos balaceados a los animales aseguran ganancias diarias superiores a los sistemas de pastoreo tradicionales. Una estrategia relevante es la producción de maíz para ensilar, el cual se puede suministrar en épocas de estiaje o como complemento de una dieta en animales en etapas de desarrollo, en sistemas estabulados (Charley, 2016). Es importante señalar que el uso de maíz como forraje y manejado con el proceso de ensilado, es muy utilizado por los ganaderos para alimentar a su hato por el alto rendimiento de forraje por





hectárea y por su alto nivel energético. Las ventajas anteriores del ensilado del maíz han originado que tanto técnicos como productores estén interesados en determinar cuáles podrían ser los mejores genotipos de maíz con características forrajeras favorables para la nutrición de sus animales y que principalmente se adapten a las condiciones agroecológicas de las zonas en las que pretenden cultivar (González Castañeda *et al.*, 2006). Con base en lo anterior, se planteó el presente estudio, cuyo objetivo fue evaluar dos genotipos de maíz para ensilar, en los que se pudieran conocer sus características de desarrollo, producción y calidad nutricional, de tal forma que puedan ser incluidos como alimento ensilado en procesos de producción de engorda de ganado bovino.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el rancho Las Maravillas, del municipio de Veracruz, en el ciclo otoño-invierno 2017-2018. El sitio se ubica a 19.233112 de latitud norte y -96.325699 de longitud oeste a 20 msnm. El clima de la región es cálido húmedo con lluvias en verano, la temperatura media es de 25.2 °C, y un promedio de 1707 mm de lluvia al año. El tipo de suelo es franco arcillo arenoso con un pH de 7.5, 2.10% de materia orgánica libre de sales y capacidad de campo de 2.50%.

Para el presente estudio se evaluaron dos tratamientos con fines de ensilaje que fueron dos híbridos de maíz: DK-7508 y DK-410. Los tratamientos se manejaron bajo un diseño de bloques al azar con seis repeticiones. El híbrido DK-410 tiene las siguientes características: maíz blanco, de ciclo intermedio, susceptible a mancha de asfalto y tolerante a Cercospora. El híbrido DK-7508 tiene las siguientes características: maíz de grano amarillo, de ciclo intermedio, con tolerancia a mancha de asfalto (DEKALB®, 2018).

Para preparar el terreno se utilizó un multicultivador de 15 puntas a una profundidad de 45 cm de forma vertical y tres pases de rastra, dos horizontales y una vertical. La siembra de los dos híbridos se realizó de forma mecanizada el 6 de noviembre de 2017 con una densidad de 85,000 plantas/ha, con una distancia entre surcos de 0.75m y una distancia de plantas de 0.15 m. Se trató la semilla con thiodicarb al 31.50%, en dosis de 28 ml/kg de semilla. La primera fertilización se realizó durante la siembra con la fórmula 15.5-20-15 con





una dosis de 300 kg/ha. La segunda aplicación se realizó el 05 de diciembre del 2017 con una dosis de 350 kg/ha de la fórmula 23-00-15, aplicándose una dosis total de N-P-K de 127.5-60-90. El control de plagas se inició a los 16 días después de la siembra con la aplicación preventiva de insecticida contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), aplicando lambda cyalatina a dosis de 312 ml/ha, benzoato de emamectina a dosis: 83.3ml/ha y un regulador de pH del agua a dosis de 113ml/ha. La segunda aplicación se realizó a los 33 días después de la siembra y se combinó con un regulador de pH del agua y un surfactante penetrante para obtener una mayor efectividad del ingrediente clorantranilproil al 18% a dosis de 250 ml/ha. Se realizó una tercera aplicación de insecticida fungicida y fertilizantes foliares, como preventivo para los principales hongos y plagas que pudieran atacar el cultivo en la etapa de R2. Insecticidazeta-cipermetrina, a dosis de 200 ml/ha, fungicida Tebuconazote al 22.63% + trifloxistrobin al 22.63% a dosis de 300 ml/ha. Después de la siembra se aplicó un herbicida pre-emergente para tener un mejor control de malezas con un periodo de 20 días de protección. Los herbicidas utilizados fueron Acetoclor al 46.3% + atrazina al 18.4% a dosis de 2.7 L/ha. Posteriormente, se realizó una aplicación de herbicida selectivo para maíz para controlar coquillo (*Cyperus rotundus*), con herbicida halosulfuron metil al 75% a dosis de 70g/ha. La cosecha se realizó el 28 de febrero de 2018. Durante la cosecha se realizó también la evaluación de partículas utilizando cribas de Penn State con objeto de determinar el rango de partículas, las cuales, al estar en valores idóneos de ensilaje, permitirán una mejor compactación y un mayor consumo animal. Después de la cosecha, se ensiló el material en un silo de pastel. Durante la distribución del forraje ensilado se monitoreó que las capas tuvieran 15 a 20 cm de grosor para una mejor compactación y liberación de oxígeno. Con las prácticas anteriores se logró obtener un valor ideal de compactación con un promedio de forraje ensilado de 750 kg/m³. Después de que se terminó de cosechar y compactar el silo, este se selló con un plástico negro, y posteriormente se le colocó una lona cubriendo todo. Al final se colocaron sobre el silo bolsas rellenas de piedras para fijar las lonas.

Las variables a evaluar fueron clima, desarrollo del cultivo, cosecha y un estudio bromatológico. Se recabaron registros de las temperaturas máximas y mínimas y las precipitaciones pluviales diarias, con apoyo de un pluviómetro. La altura de la planta se midió cada 10 días, en 10 muestras para cada híbrido evaluado. Se midió el diámetro de los tallos





con un vernier cada 10 días en 10 muestras. Se recabaron datos cada 10 días del número de hojas, contando el número por planta. La estimación del rendimiento en campo y la relación tallo- hoja- mazorca se hizo a partir de seis muestreos de tres plantas en estado fresco. El procedimiento se realizó con ayuda de una báscula digital en la que se pesaron las hojas, las mazorcas y los tallos de cada híbrido para posteriormente calcular los porcentajes de hoja, tallo y mazorca. Para determinar la materia seca de cada genotipo se obtuvo una muestra en diversos puntos de cada tratamiento, se picó y homogenizó el material vegetativo y se tomó una submuestra de 100gr. la cual se introdujo en un microondas por espacio de 3 minutos, tras lo cual se extrajo y se pesó. Esta operación se repitió cinco o seis veces y se disminuyó progresivamente el tiempo hasta culminar en 30 segundos y que la muestra alcanzara un peso estable.

Para el estudio bromatológico del silo se tomaron muestras a los 54 días y se mandaron a analizar al laboratorio de servicios GAQ, S.A. de C.V. en Querétaro, Querétaro.

Para cada una de las variables se realizaron análisis de varianza con un programa estadístico y con una plantilla elaborada en el programa de Excel.

Resultados y discusión

Temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo

La Figura 1 presenta el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo del cultivo y en las fechas de muestreo (líneas verticales negras). Durante los periodos de 21 a 30, 61 a 70 y 71 a 80 días se registraron condiciones de temperaturas máximas de 25°C que fueron favorables para el desarrollo de las plantas, en comparación con los periodos de 11 a 20, y de 31 a 50 días en los cuales las temperaturas máximas registraron valores cercanos a 30°C.



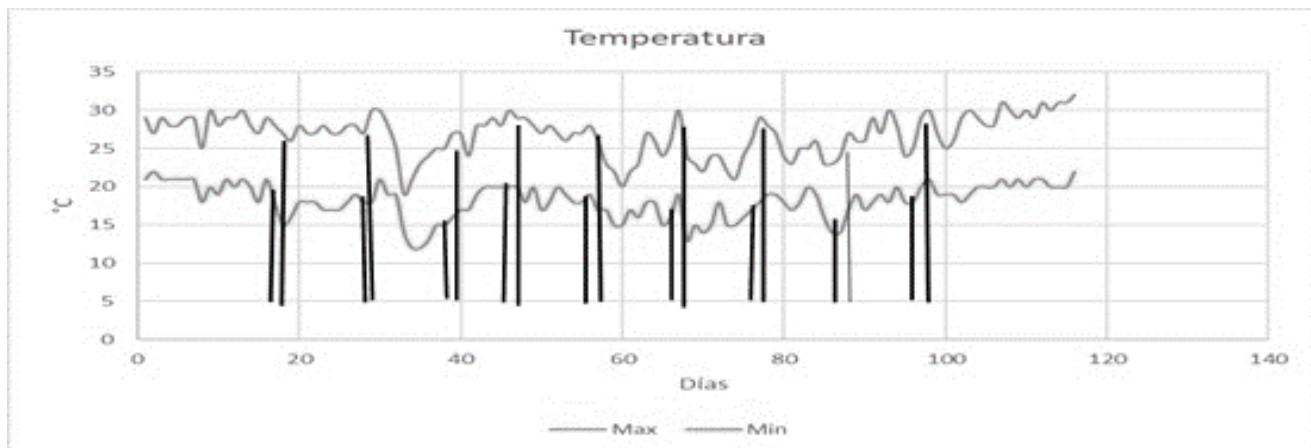


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo del cultivo y periodos de muestreos de las variables de desarrollo del maíz.

Fuente: Trabajo de campo.

Durante el ciclo del cultivo se presentaron siete eventos lluviosos de baja magnitud con un total de 80 mm. que resultaron insuficientes para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo (500 a 700 mm), razón por la que el sistema de riego con pivote central resultó de suma importancia como apoyo para los periodos de germinación, crecimiento y producción del maíz. Los eventos lluviosos se registraron a los 15, 30, 60 y 80 días de desarrollo del cultivo, lo cual coincidió con las mejores condiciones de temperatura máxima y mínima y favoreció el desarrollo y producción de maíz, ya que las temperaturas óptimas para maíz se reportaron entre 24 y 25 °C, acompañados con lluvia o riego en las etapas de germinación, desarrollo y producción del cultivo.

Altura de plantas

De los nueve muestreos realizados, se tuvieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en 5 de ellos (muestreos 2, 3, 6, 7, 9), resultando mejor el híbrido DK-410 (Figura 2). Los muestreos en los que sobresalió el híbrido mencionadocoincidieron con los periodos de mejores condiciones climáticas, en tanto que en los muestreos 1, 4, 5 y 8, en los que los dos híbridos tuvieron un comportamiento similar en altura, las temperaturas estuvieron cercanas a los 30°C y las mínimas muy próximas a los 15°C. Una condición similar fue observada por Jurado Guerra *et al.* (2014), quienes señalan que el maíz se desarrolla mejor en regiones con temperatura promedio de 25°C. Los mayores valores de altura fueron 2.5 m, lo cual ubica a ambos genotipos como plantas de porte intermedio.



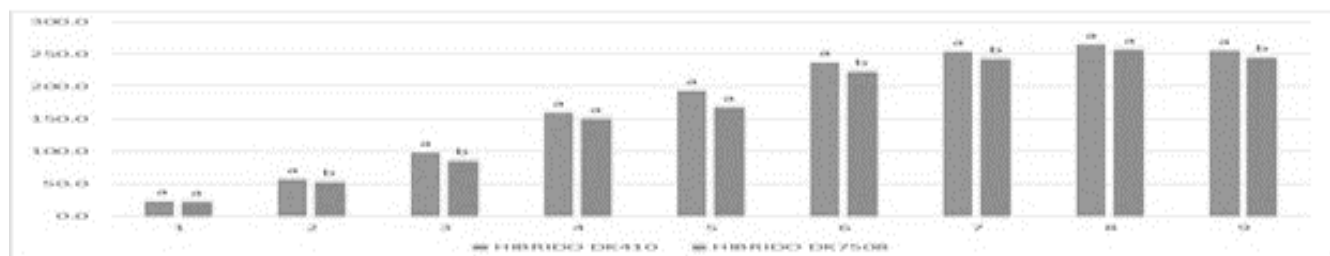


Figura 2. Altura de planta de los dos híbridos de maíz evaluados en nueve muestreos realizados.

Fuente: Trabajo de campo.

Diámetro de tallos

Solo hubo diferencias significativas en los muestreos 6, 8 y 9, en los cuales el híbrido DK-410 tuvo un mayor diámetro (Figura 3). El tallo es sumamente importante en la planta, ya que es su soporte para evitar su acame por acción de vientos, concentra un porcentaje considerable de fibra además de que se espera que los mayores valores de diámetro influyan sobre el rendimiento (Rodríguez, 2015). Los mayores valores de esta variable fueron cercanos a 2.5 cm.

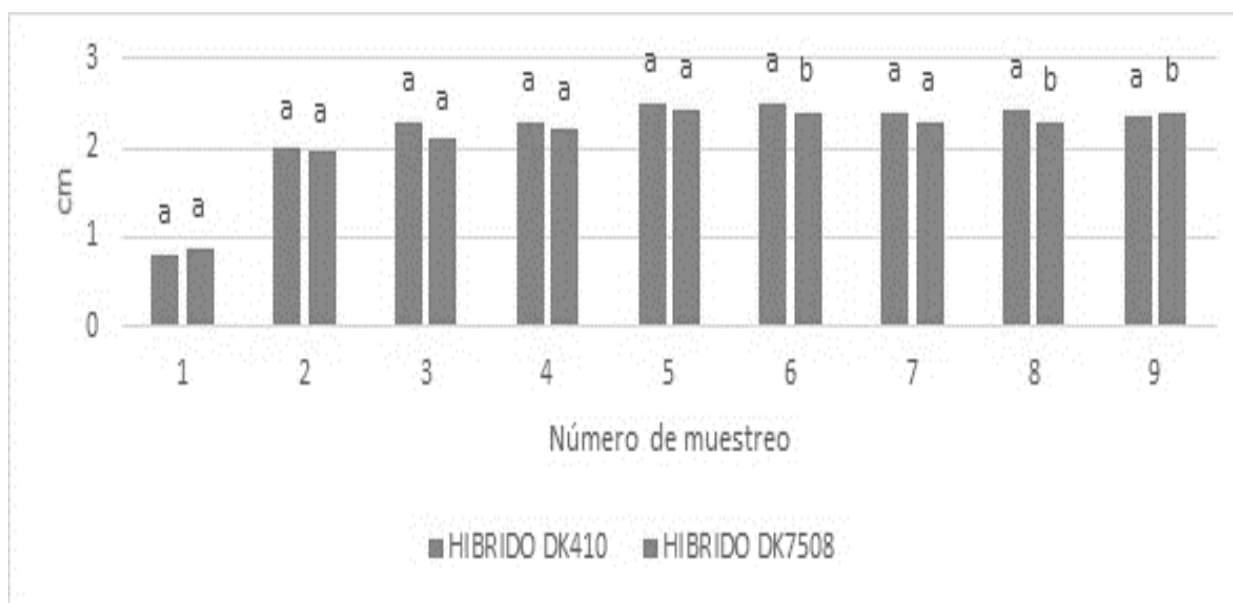


Figura 3. Diámetro de tallos de los dos híbridos de maíz evaluados en los nueve muestreos realizados.

Fuente: Trabajo de campo.





Estimación de rendimiento de hojas

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en favor del híbrido DK-410 con 17.7 t/ha, superando por casi 2.2 t/ha al híbrido DK-7508. Esto se explica por la mayor altura del DK-410, ya que sus hojas fueran más grandes y gruesas, y con ello logró un mejor rendimiento.

Rendimiento de tallo

Existió diferencia altamente significativa entre tratamientos, sobresaliendo el DK-410 con 19.9 t/ha contra 13.3 t/ha del DK-7508, lo cual se explica por su mayor altura que determina mejores rendimientos por hectárea. Esto refuerza lo señalado por Fisher y Burns (1987) quienes afirmaron que hay una estrecha relación entre la calidad del maíz para ensilaje, la concentración de lignina y la digestibilidad de la pared celular de la planta (principalmente el tallo) con el contenido de grano en el momento de ensilar.

Rendimiento de mazorca

No se encontró diferencia estadística entre tratamientos para esta variable. De acuerdo con Moran *et al.* (1990), el valor nutritivo del material a ensilar mejora a medida que aumenta el contenido de grano en la planta hasta que este representa el 30 al 40 por ciento de la materia seca total, debido a que en esta parte de la planta se encuentra el mayor contenido de almidones.

Rendimiento total (hojas, tallos y mazorcas)

No se detectaron diferencias entre tratamientos. El rendimiento osciló entre 39 y 41 t/ha, valores que se consideran aceptables, pero que se podrían incrementar en el mediano plazo.

Análisis económico

El híbrido DK-410 tuvo un costo de \$0.37/kg de silo, mientras que para el DK-7508 fue de \$0.39/kg. En la región el kilogramo de silo puede llegar a comprarse hasta en \$1.5.





Calidad nutrimental de los dos genotipos

De acuerdo con los valores de referencia de un buen silo, los dos genotipos estuvieron dentro de los rangos de calidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de las variables bromatológicas y de referencia para los genotipos de maíz.

Variable	DK-410	DK-7508	Valores de referencia
pH	3.59	3.7	3.6-4.0
Ácido acético, %	1.15	1.25	<2
Ácido láctico, %	5.24	4.48	4-6
Ácido propiónico, %	0.14	0.2	<0.5
FND, %	41.3	40	< 42
FAD, %	25.4	24.1	< 27
N Amoniaco, %	0.53	0.48	<5
PC ligada a la FDA, %	0.81	0.69	
PC, %	7.8	7.8	6.5-8.7
Almidones, %	29.3	38.8	> 29
Energía Neta Metabolizable, Mcal/Kg	1.61	1.65	1.55
Energía Neta para Ganancia, Mcal/Kg	1.01	1.01	0.94
Digestibilidad del almidón (7hrs.), %	66.2	69.7	

El DK-7508 contiene un poco más de almidones y posee una mejor digestibilidad; en tanto que el DK-410 tiene mayor porcentaje de proteína cruda ligada a la FDA que ayuda a regular la digestibilidad de la dieta. En cuanto a la FDA y FAD, los resultados fueron similares para los dos genotipos. El pH para los 2 híbridos es ácido y los valores son excelentes para que puedan conservar sus nutrientes y obtener un producto inocuo o estable.

Conclusiones

En relación con la altura de planta, diámetro de tallo, producción de biomasa de hojas y tallos el mejor genotipo fue el DK-410, mientras que en la producción de forraje total por hectárea los dos genotipos fueron estadísticamente iguales. En cuanto a los análisis bromatológicos, los valores de cada variable estuvieron dentro de los niveles de referencia como favorables para ensilado, lo cual indica que ambos híbridos presentan condiciones energéticas,





proteínicas y de digestibilidad favorables para ser utilizados en la alimentación pecuaria. Desde el punto de vista económico, se tuvieron costos de 40 centavos por kilogramo de forraje ensilado, el cual se considera bajo, si se compara con el valor de 1.5 pesos que tiene dicho forraje cuando se comercializa.

Literatura citada

- Charley, R. 2016. Guía técnica para el manejo del ensilaje. Lallemand Animal Nutrition. Milwaukee, WI, USA. p. 73-79.
- Fisher, D.S. and J.C. Burns. 1987. Quality analysis of summer-annual forages. I. Sample preparation methods and chemical characterization of forage types and cultivars. *Agronomy Journal* 79(2):236-242.1987.
- González Castañeda, F., A. Peña Ramos y G. Núñez Hernández. 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(Núm. Especial 2): 103 – 107.
- INEGI. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes.<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Jurado Guerra, P., C.R. Jurado Macías y R.A. Saucedo Terán. 2014. Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en Chihuahua. Folleto Técnico 53. CIR Norte Centro, INIFAP. Aldama, Chihuahua. 34 p.
- Moran, J.B., A.G. Kaiser and C.R. Stockdale. 1990. The role of maize silage in milk and eat production from grazing cattle in Australia. *Outlook on Agriculture*. 19:171-177.
- SIAP. 2018. Expectativas de producción pecuaria. Sistemas de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/380440/Expectativas_agosto_2018.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





EVALUACIÓN FINANCIERA DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON BASE EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE *Brachiaria Megatyrsus* BAJO SOMBRA DE *Melia azedarach*

José Luis Espino Hernández¹⁶⁸, Jesús Jarillo Rodríguez^{168*}, Epigmenio Castillo Gallegos¹⁶⁸, Silvia López Ortiz¹⁶⁹, José Luis Dávalos Flores¹⁷⁰ y Ramiro Escobar Hernández¹⁷¹

Resumen

Mucho se ha escrito sobre los sistemas silvopastoriles y sus beneficios, sin embargo, se requiere de análisis que contemplen mas específicamente la evaluación financiera de todos los factores que intervienen en el proceso productivo. En el presente trabajo se realizó el análisis financiero de los sistemas: 1. Silvopastoril, con base en *Melia azedarach* y gramíneas mejoradas, 2. Monocultivo intensivo de gramíneas, 3. Producción de arboles maderables (*M. azedarach*), 4. Monocultivo en pastoreo con 1.5 vacas/ha y 5. Monocultivo en pastoreo con 2 vacas/ha. Para los sistemas 1 y 2 se establecieron parcelas de cultivares *Brachiaria* y *Megatyrsus* con y sin arboles y se evaluó la producción de materia seca y crecimiento de los arboles (con edad de 7 años), en una zona de transición costa montaña con clima subcalido. Los resultados a 10 años muestran que en los sistemas de producción 1, 4 y 5 el valor actual neto (VAN) y en consecuencia la tasa interna de retorno (TIR) fueron negativos. Sin embargo, en los componentes donde participó el árbol (sistemas 2 y 3), la VAN y TIR fueron positivas e indican que pagan los costos de inversión y mantenimiento y son rentables.

Palabras claves: análisis financiero, sistemas silvopastoriles, *Melia azedarach*, *Brachiaria*, *Megatyrsus*

¹⁶⁸Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la FMVZ-UNAM. * jarillorj22@hotmail.com

¹⁶⁹Colegio de Posgraduados Campus Veracruz

¹⁷⁰Departamento de Economía y Administración de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM

¹⁷¹Facultad de Ingeniera Agro hidráulica-BUAP.





Introducción

En México se requiere incrementar la producción animal a una tasa que cubra la demanda de alimentos de la población, pero también que permita rehabilitar las pasturas degradadas y prevenir el deterioro de los recursos naturales, la ganadería es una de las actividades que más contribuye a la erosión, después de la tala inmoderada y clandestina (Krishnamurthy *et al.*, 2003), entre otros. La forma en que se produzcan los alimentos en las siguientes dos o tres décadas definirá el grado de conservación de los ecosistemas naturales del planeta (CONABIO, 2006; Sarukhán *et al.*, 2009).

Por ello es necesario el análisis de alternativas que disminuyan los efectos adversos al ambiente, en general cualquier forma de producción de alimentos, desde el punto de vista manejo agronómico-ecológico y de sustentabilidad, más importante es analizar desde el punto de vista financiero las alternativas propuestas.

Actualmente existe información importante sobre la productividad y los beneficios de los sistemas silvopastoriles, sin embargo, poca de esta información contempla más específicamente la evaluación financiera de todos los factores que intervienen.

Objetivos

Analizar financieramente los sistemas: 1. Monocultivo intensivo de gramíneas, 2. Silvopastoril, con base en *Melia azedarach* y gramíneas mejoradas, 3. Producción de arboles maderables (*M. azedarach*), 4. Monocultivo con 1.5 vacas/ha, 5. Monocultivo con 2 vacas/ha, en una zona de transición costa montaña.

Materiales y métodos

El presente análisis se desarrolló con base en la información generada en la tesis de Maestría en Ciencias, cuyo título es: Respuesta fisiológica y productiva de cuatro gramíneas tropicales de los géneros *Urochloa* y *Megathyrsus* a la sombra de *Melia azedarach* L. (Santiago-Hernández, 2014; Santiago-Hernández *et al.*, 2015) del Colegio de Posgraduados





(Campus Veracruz). Los materiales y métodos de la evaluación de la producción de materia seca se describen a continuación.

Descripción del sitio experimental

El sitio experimental se encuentra en el rancho “Los piochos” en Platanozapan, Tlapacoyan, Veracruz, localizado entre los paralelos 19°56'26” y 19°56'48” latitud Norte y los meridianos 97°15'55” y 97°15'34” longitud Oeste, situada a una altitud de 847 m. Su vegetación es de tipo bosque subtropical perennifolio. El clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 18°C anuales (García, 1981); su precipitación pluvial anual es de 2000 mm, el tipo de suelo en el experimento es de textura franco arenoso, en condición de sombra tiene un pH de 5.1 y materia orgánica al 5.5%, en condición de sol tiene un pH de 5.2 y materia orgánica al 6.6%. Con pedregocidad y pendiente del 25%.

El experimento se estableció en junio del 2010, en parcelas de 5 m de largo por 2.5 m de ancho, bajo un sistema integrado de árboles de *M. azedarach*, establecidos en el año 2006. Al momento de la toma de datos los árboles tenían una altura aproximada de 12 m, un diámetro de tallo 30 cm, en un marco de plantación de 1,000 árboles ha⁻¹, siendo 55 árboles en 552 m² (área del experimento). Los árboles se establecieron en curvas de nivel distribuidos 2.0 m entre árboles por 5 m entre hileras.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en un gradiente de pendiente de 25 %, con un arreglo en parcelas divididas, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se evaluaron dos fechas de muestreos. Se evaluaron los cultivares (cv.) Tanzania y Mombaza pertenecientes al género y especie *Megathyrsus maximus* y los híbridos Oaxaca (CIAT 1794; tri-híbrido de *Urochloa ruziziensis* x *U. decumbens* x *U. brizantha*) y Yacaré (CIAT 1752; *U. brizantha* CIAT 16320 x híbrido de cuarto ciclo de reproducción sexual del mismo género). Las parcelas grandes correspondieron a la condición de sombra y condición de sol y las parcelas chicas a las gramíneas mombaza, tanzania, oaxaca y yacaré.





Procedimiento experimental

La respuesta de las gramíneas se evaluó en verano (lluvia) e invierno (nortes), de acuerdo al clima de la región. En cada estación (25 de mayo y 15 de diciembre de 2013) se realizó un corte a las macollas de pastos a 10 cm del suelo para uniformizar el crecimiento de los pastos. A las ocho semanas después cortes de uniformización, se midieron variables según el protocolo de evaluación y se cosechó la biomasa el 22 y 23 de julio de 2013 y del 14 al 17 de febrero de 2014 en condiciones de sol y sombra. No se realizó ninguna aplicación de fertilizante, ni se pastoreó con animales.

Productividad de la biomasa forrajera

La productividad de la biomasa forrajera de las gramíneas (yacaré, oaxaca, tanzania y mombaza) se evaluó a las ocho semanas después de haber realizado el corte de uniformización. Se empleó el método directo, colectando la biomasa de cuatro macollas dentro de un marco de 1 m², cortando toda la biomasa aérea de la macolla a 10 cm del nivel del suelo. Esta variable se midió en épocas de lluvias y nortes. Para fines del presente análisis se tomó el promedio de producción de hoja de las 4 gramíneas en cada época.

Con base en la producción de materia seca de las gramíneas para sol y sombra fue calculada la disponibilidad de materia seca por mes y época, posteriormente ajustadas por el porcentaje de utilización de acuerdo a Jarillo *et al.* (2011) en un pastizal de gramíneas nativas en el trópico.

Caracterización del sistema agroforestal

Para fines del presente análisis financiero se estimó la altura del fuste y el diámetro a la altura del pecho en arboles de piocho de una parcela con 1000 individuos junto a la parcela experimental de evaluación con gramíneas, con fecha similares de siembra a la del área experimental. El diámetro a la altura del pecho o diámetro normal se estimó a 1.30 m desde la base del suelo sobre el tronco y la altura se estimó con un estadal desde la base del suelo hasta la parte más alta del árbol con el uso de binoculares.

El volumen de la producción de madera por árbol se calculó de la siguiente manera: $V = \pi \times r^2 \times h$; y radio fue calculado así: $r = (D_{menor} + D_{mayor})/2$. Donde: V = volumen; r = radio;





D_{menor} = se calculó con el diámetro menor en la parte más alta del árbol; D_{mayor} = diámetro a 1.3 m de altura desde la base del suelo; h = altura

El precio de venta de la madera producida se estimó con base en reporte de precios de productos forestales trimestrales de 2010 a 2015 en madera de pino al pie, para el centro del país y proyectado a 2020 (SIPRE, Sistema Nacional de Información Forestal, 2016). Se encontró que en 2010 el valor del m^3 fue de \$1380,00 a \$1481.00 en el 2015, por lo que en 2020 se proyecta (con un intervalo de confianza de 0.76) de acuerdo a la ecuación generada ($2020=22.84*2020-44522=1618.84$), un valor de \$1618.84.

Los cálculos de rentabilidad se realizaron con el programa *Excel*, de acuerdo a la metodología de FIRA (1995). Se tomó en cuenta, para el cálculo del valor actual neto (VAN), una tasa que incluye la inflación. La tasa de inflación promedio mensual de enero de 2017 a julio 2017, llegó al 3.0 %, según INEGI (2017).

La proyección se realizó a 10 años en ambos casos, para evaluar económicamente la rentabilidad de las inversiones, con base en la edad de aprovechamiento de *M. azedarach*.

Valor actual neto (VAN)

El VAN, es un indicador que refleja la suma de los beneficios o valores netos actuales; se resumen en la suma de los valores actuales menos los costos actuales (FIRA, 1985; 1995).

Su cálculo se puede describir de la siguiente manera:

$$VAN = \sum (B_n - C_n) / (1+i)^n$$





Cuadro 1. Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 ha de *Melia azedarach* en zonas pedregosas y con pendientes pronunciadas (25 %), en un marco de plantación de 2 x 5 m.

Establecimiento de árbol				
Actividad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Aplicaciones anuales	Total
Control inicial de arvenses (jornales)	20	170.00	1	\$ 3,400.00
Hoyado (jornales)	20	170.00	1	\$ 3,400.00
Siembra (jornales)	12	170.00	1	\$ 2,040.00
Herbicida (lts)	6	80.00	1	\$ 480.00
Aplicación herbicida (jornales)	10	170.00	1	\$ 1,700.00
Planta	1200	1.50	1	\$ 1,800.00
				Total \$ 12,820.00
Mantenimiento anual (de 1 a 3 años)				
Control de arvenses				
ruedo (jornales)	10	170	2	\$ 3,400.00
Aplicación (jornales)	3	170	1	\$ 510.00
herbicida (lt)	6	80	1	\$ 480.00
Control manual (jornales)	12	170	1	\$ 2,040.00
Control roedores (roedores)	5	170	2	\$ 1,700.00
Transporte de materiales	10	230	1	\$ 2,300.00
				Total \$ 10,430.00
Mantenimiento anual (de 4 a 10 años)				
Control manual (jornales)	15	170	2	\$ 5,100.00
Mantenimiento anual (de 4 a 10 años)				
Establecimiento		12,820.00	1	\$ 12,820.00
Mantenimiento 1 a 3 años		10,430.00	3	\$ 31,290.00
Mantenimiento 4 a 10 años		5,100.00	6	\$ 30,600.00
				Total \$ 74,710.00
				Total mantenimiento 1 a 10 años \$ 74,710.00
				Mantenimiento por año \$ 7,471.00

Costos calculados en agosto de 2017. Bn=Beneficios en el tiempo n. Cn= Costos en el tiempo n. i= Tasa de descuento. n=Tiempo. Se considera una tasa de descuento que representa el costo de oportunidad del capital. Se aceptará el VAN cuyo valor es positivo.

Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento con la cual el valor actual de los beneficios es igual al valor actual de los costos. Si la TIR es igual o mayor que el costo de oportunidad del capital (expresado como tasa de rendimiento), la inversión paga los costos y es rentable. La tasa de rentabilidad interna, TIR, es una tasa de descuento que hace que:





$$VAN = 0; \text{ es decir: } \Sigma = (B_n - C_n) / (1+i)^n = 0$$

Donde: B_n : Beneficios de cada año; C_n : Salidas de cada año; i : Tasa de descuento; n : Tiempo

La regla de decisión es la de aceptar todos aquellos proyectos o inversiones que produzcan una TIR mayor que el costo de oportunidad del capital (Scherr *et al.* 1992).

Resultados y discusión

Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 ha de *Melia azedarach*

En el presente proyecto se analizan los costos de establecimiento de una hectárea de árboles de piocho. El establecimiento se inicia con la eliminación manual de la vegetación existente, debido a las condiciones topográficas y edáficas del terreno (pedregosidad), existe cierta dificultad para el desarrollo de todas las actividades que se realizan. Con base en la jornada que se otorga a los trabajadores en la región, con vegetación relativamente alta, se considera 1 tarea por jornal, tomando como base que una tarea corresponde a 500 m², lo que significa 20 tareas por una hectárea, por lo tanto 20 jornales/ha (Cuadro 1). El hoyado o cepa de siembra requirió 20 jornales por hectárea, debido a que se sugiere un hoyo de aproximadamente 20 por 30 cm, que permita que al sembrado de la planta quede una cepa libre, principalmente de piedras. Los jornales dedicados a la siembra, involucra el transporte de la planta a su respectiva cepa o punto de siembra.

El mantenimiento de la plantación después del establecimiento se desarrolla en dos etapas, que se dividen principalmente, en la etapa de mayor control de malezas (1 a 3 años) con respecto a la de menor intensidad en cuidado de los árboles que va de 4 años en adelante (Cuadro 1).

Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 ha de pasto mejorado

El costo de establecimiento de una ha de pastizal es de \$13,900.00 (Cuadro 2), sin embargo, el costo de pasto introducido vs el establecimiento de una ha de árboles, difiere en \$ 1,080.00, no obstante, el establecimiento del sistema asociado de árboles y pasto no es la





suma de los dos establecimientos. Los costos aquí citados se indican como establecimientos independientes.

Cuadro 2. Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 ha de pastos mejorado en zonas pedregosas con pendientes pronunciadas.

Actividad	Establecimiento de la pastura			
	Cantidad	Costo unitario	Aplicaciones anuales	Total
Control inicial de malezas (jornales)	20	170	1	\$ 3,400.00
Hoyado (jornales)	20	170	1	\$ 3,400.00
Siembra (jornales)	10	170	1	\$ 1,700.00
Control malezas 3 meses (jornales)	10	170	1	\$ 1,700.00
Control malezas 6 meses (jornales)	10	170	1	\$ 1,700.00
Semilla (kg)	10	250	1	\$ 2,500.00
			Total	\$ 14,400.00
Mantenimiento anual				
Control de malezas (jornales)	8	170	3	\$ 4,080.00
			Total	\$ 4,080.00

Costos ajustados en agosto de 2017.

Cuadro 3. Producción de materia seca (MS) total/ha/corte cada 60 días, tasa de crecimiento diario y materia seca disponible con 13.7 y 29.7 % de utilización para lluvia y norte, respectivamente

Época	Condición	MS total (kg/ha/60 d)	Tasa Crec total/día	MSdisponible (13.7 y 29.75 %)	Tasa Crec/día /disponible
Lluvias	Sol	8236	137.3	1128.3	18.8
	Sombra	3612	60.2	494.8	8.2
Nortes	Sol	1376	22.9	412.8	6.9
	Sombra	1071	17.9	321.3	5.4

El establecimiento de un sistema silvopastoril, con base en costos citados en el cuadro 1 y 2, se acotaría al costo de establecimiento de una ha de pasto (\$13,900.00) más el costo que involucra el hoyado (\$3,400.00), la siembra de árboles (\$1,700.00) y el costo de producción de la plántula de árboles (\$1,800.00), lo que genera un total de \$20,800.00.





Cuadro 4. Producción de materia seca (MS) total y MS disponible en monocultivo de gramíneas (*Brachiaria* y *Megatyrus*) en pleno sol y bajo sombra del árbol *Melia azedarach* (Santiago-Hernández et al., 2014) y leche producida a 840 msnm en Tlapacoyan, Ver.

Monocultivo de gramíneas						
Epoca	MS presente (Kg MS/ha)	Recuperación (días)	Utilización %	MS presente/día (Kg MS)	Consumo Vaca/día	Raciones (Kg MS)
lluvias	8236.0	60.0	32.9	45.1	13.0	3.5
nortes	1376.0	60.0	32.9	7.5	13.0	0.6
Epoca	Raciones (KgMS)	leche/vaca (l)	leche/ha/día (l)	leche/ha/época (l)	venta \$ (l)	ingreso/ha (\$)
Lluvias	3.5	7.0	24.3	4370.5	6.0	26222.8
Nortes	0.6	7.0	4.1	486.8	6.0	2920.7
Promedio/total	2.0	7.0	14.2	4857.3	6.0	29143.5
Asociación gramíneas-arbol						
Lluvias	MS presente (Kg MS/ha)	Recuperación (días)	Utilización %	MS presente/día (Kg MS)	Consumo Vaca/día	Raciones (Kg MS)
Lluvias	3612.0	60.0	32.9	19.8	13.0	1.5
Nortes	1071.0	60.0	32.9	5.9	13.0	0.5
Epoca	Raciones (KgMS)	leche/vaca (l)	leche/ha/día (l)	leche/ha/época (l)	venta \$ (l)	ingreso/ha (\$)
Lluvias	1.5	7.0	10.6	1916.7	6.0	11500.3
Nortes	0.5	7.0	3.2	378.9	6.0	2273.3
Promedio/total	1.0	7.0	6.9	2295.6	0.0	13773.7

*Consumo de MS con base en el 3% del peso vivo en vacas de 520 kg de peso vivo.

Para fines del presente análisis financiero, se tomó la producción promedio de materia seca de ambos géneros (*Urochloa* y *Megatyrus*; Santiago-Hernández et al., 2015). Los resultados muestran que, en la época de lluvias, la producción en sol fue el doble con respecto a la de sombra o bajo *M. azedarach*. Mientras que, en nortes, tanto en sol como en sombra la producción fue similar ($P < 0.05$). En el cuadro 4, se observan la proyección de forraje disponible y raciones de consumo por vaca. Cada ración considera el 3 % del peso vivo de una vaca de 520 kg.





Cuadro 5. Porcentaje de uso (%) de materia seca de tallo y hoja de gramas nativas, promedio de 2, 3 y 4 vacas/ha en las épocas de lluvia, seca y norte de dos años, en el trópico húmedo de México.

Material	Porcentaje
Hoja	36.8
Tallo	28.9
Promedio	32.9

El forraje disponible se estimó con base en el total registrado por Santiago-Hernández *et al.*, (2014), para cada época climática con el respectivo porcentaje de utilización reportado por Jarillo *et al.*, (2011), con valores que se indican en el Cuadro 5, para las épocas climáticas de norte y lluvia, respectivamente a una carga animal de 2 vacas/ha, promedio de dos años de evaluación.

Con base en los datos del cuadro 4, una ración igual a una vaca/ha, por lo tanto, el número de raciones corresponden al número de vacas/ha que se pueden mantener con base en la producción de materia seca disponible/ha. En el Cuadro 6, se observa la producción láctea y de becerros proyectada con los datos hasta aquí mencionados.

Cuadro 6. Producción láctea y de becerros durante el año, con base en producción de materia seca total, bajo condiciones de sol y sombra en dos épocas del año.

Monocultivo de gramíneas (sol)						
Epoca	Vacas/ha	Becerras vaca/año	Becerras totales	Peso destete (kg)	Precio venta (\$)	ingreso/ha (\$)
Lluvias	3.5	0.68	2.4	110	45	11675.4
Nortes	0.6	0.68	0.4	110	45	1950.6
Total						13626.0
Asociación gramíneas-arbol (sombra)						
Epoca	vacas/ha	Becerras vaca/año	Becerras totales	Peso destete (kg)	Kg venta \$ (\$)	ingreso/ha (\$)
Lluvias	1.5	0.68	1.0	110	45	5120.4
Nortes	0.5	0.68	0.3	110	45	1518.3
Total						6638.6

¹ Producción de leche (7 kg vaca/día; lactancia de 300 días)

² Para el número de becerros por año se consideró el resultado de 3 vacas/ha (8 de 10; Jarillo *et al.*, 2009), por lo tanto, fueron 0.8 en 14 meses de intervalo entre partos, igual a $0.8/14=0.057$ becerros mes por 12 meses = 0.68 becerros/año





En producción láctea, se consideró una producción de leche de 7 kg/día/vaca de acuerdo con la producción de leche de Jarillo et al., (2008; datos sin publicar) con 2 vacas/ha. En el caso de la producción de becerros, se consideró el promedio de becerros nacidos, para 2, 3 y 4 vacas/ha (Jarillo et al., 2008; datos sin publicar), es decir, de 10 vacas se obtuvieron 8 becerros, por lo tanto, 8 de 10 son 0.8 en 14 meses de intervalo entre partos, igual a $0.8/14=0.057$ becerros mes multiplicado por 12 meses se obtendrían 0.68 becerros en un año.

Cuadro 7. Costo de mantenimiento de una vaca/año en 2004 adaptado de Zarate et al., (2010) y en 2017 con valor de inflación*acumulada incluida.

Concepto	Vaca/año 2004**	Vaca/año 2004-2017***
Mano de obra	\$ 1,036.83	\$ 1,630.10
Alimento concentrado	\$ 1,605.99	\$ 2,524.94
Fertilizantes y herbicidas	\$ 10.77	\$ 16.94
Servicio veterinario	\$ 644.34	\$ 1,013.03
Desparasitantes	\$ 39.56	\$ 62.20
Vacunas	\$ 21.77	\$ 34.22
Otras medicinas	\$ 66.21	\$ 104.10
Inseminación artificial	\$ 15.98	\$ 25.12
Combustibles	\$ 667.50	\$ 1,049.45
Reparaciones	\$ 101.21	\$ 159.12
Útiles y equipo	\$ 101.16	\$ 159.04
Total	\$ 4,311.33	\$ 6,778.27

*Inflación calculada con base en INEGI consultada el 19/01/2018.

**Costo de mantenimiento de una vaca al año.

***Se refiere al costo de mantenimiento de una vaca al año mas inflación acumulada de 2004 a 2017.

De las 6 condiciones de producción analizadas se reporta que en la TIR (Cuadro 8), solo la asociación gramíneas + árbol y árbol solo el valor es positivo. Mientras que el VAN (Cuadro 9) se comporta de la misma manera. Las condiciones con indicadores financieros negativos, monocultivos, son las que mayormente se encuentran en la región tropical como sistemas de producción tradicionales, semi intensivos e intensivos, sin embargo, aun cuando se observan valores negativos su permanencia, dado los resultados, obedece principalmente a situaciones relacionadas con el concepto de mano de obra, financieramente la mano de obra tiene un costo que el sistema paga, pero este costo es el pago de la mano de obra del





productor y de su familia, es decir, aun cuando se observen numeros rojos, el productor recibe su salario, con el cual subsiste. Por otro lado, los sistemas que subsisten en la ganadería tropical, principalmente doble proposito, el cual se considera flexible, en el sentido de permitir venta de leche cuando el precio es alto o destinar mayor cantidad de leche al becerro cuando su precio de mercado disminuye, lo que permite mas kilogramos de venta de becerro.

Cuadro 8. Tasa interna de retorno (TIR, %) a 10 años de 6 condiciones de producción animal bajo pastoreo (pastura sola; pastura mas 1000 arboles; solo 1000 arboles; a 1.5 y 2 vacas/ha).

Condición	TIR
	10 años
Monocultivo de gramíneas intensivo	(-)
Silvopastoril (Gramínea + árbol)	60.31%
Monocultivo de árboles	46.12%
Monocultivo con 1.5 vacas/ha	(-)
Monocultivo con 2.0 vacas/ha	(-)

Cuadro 9. Valor presente neto a 10 años de 6 condiciones (pastura sola; pastura mas 1200 arboles; solo 1200 arboles; a 1.5 y 2 vacas/ha).

Condición	VAN
	10 años
Monocultivo de gramíneas intensivo	-\$ 17,464.08
Silvopastoril (Gramínea + árbol)	\$ 483,883.37
Monocultivo de árboles	\$ 434,702.59
Monocultivo con 1.5 vacas/ha	-\$ 107,595.63
Monocultivo con 2.0 vacas/ha	-\$ 71,702.95

Las evaluaciones financieras pueden ser influenciadas por factores adversos de forma positiva o negativa. Los ensayos diseñados por el investigador y los agricultores parecen ser los más apropiados para el análisis financiero; porque son diseñados por investigadores en acuerdo con productores, donde las practicas no experimentales (como la escarda) son relativamente uniformes en todos, esta uniformidad asegura que las diferencias entre tratamientos sean causadas por prácticas que se quieren probar y no por variables extrañas. Por otro lado, existe un gran potencial para manejar y recuperar áreas degradadas por el sobrepastoreo, mediante los sistemas con árboles. Los resultados de este estudio muestran cómo los sistemas árboles-pastos son una adecuada alternativa para el desarrollo sostenible





en el sector agropecuario; y aun cuando se subutilizan las cercas vivas, demostraron sus ventajas en términos de captura (Milera, 2013).

Conclusiones

Los indicadores financieros para los sistemas que incluyen arboles fueron positivos, es decir, los indicadores reflejan beneficios porque son igual o mayor al costo de producción por lo tanto la inversión paga los costos y es rentable, mientras que el sistema monocultivo, tanto tradicional (1.5 vacas/ha), como semintensivo (2.0 vacas/ha) o intensivo (3.5 vacas/ha) muestran valores negativos, con los ingresos y egresos analizados los sistemas no son rentables

Literatura citada

- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D.F. www.conabio.gob.mx.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. 1995. Instructivos técnicos de apoyo para la formulación de proyectos de financiamiento y asistencia técnica. Serie Ganadería. Sub-dirección Técnica de Evaluación de Proyectos y Asistencia Técnica. División de Ganadería. México.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. 1985. Instructivos técnicos de apoyo para la formulación de proyectos de financiamiento y asistencia técnica. Serie Ganadería. Sub-dirección Técnica de Evaluación de Proyectos y Asistencia Técnica. División de Ganadería. México.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3a. ed. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- INEGI. 2017. Índice Nacional de Precios Productor, junio 2017, México, INEGI, Boletín de Prensa No. 285/17, 11 pp. Disponible en Internet: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/inpp/inpp2017_07.pdf.





- Jarillo-Rodríguez J, Castillo-Gallegos E, Flores-Garrido AF, Valles-de la Mora B, Ramírez y Avilés L, Escobar-Hernández R, Ocaña-Zavaleta E. 2011. Producción de forraje, calidad y eficiencia de utilización de pastos nativos bajo diferente carga animal y época del año en el trópico húmedo mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13. 417-427.
- Krishnamurthy, L. Krishnamurthy, K. Rajagopal, I. Arroyo, G. A. 2003. Alternativas productivas. Introducción a la Agroforestería para el Desarrollo Rural. SEMARNAT. 1ed. Pp 105.
- Milera, M. 2013. Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17(3): 7-24.
- Santiago-Hernández, F. 2014. Respuesta fisiológica y productiva de cuatro gramíneas tropicales de los géneros *Urochloa* y *Megathyrsus* a la sombra de *Melia azedarach* L. Tesis de Maestría. Postgrado en agroecosistemas tropicales. Campus veracruz. p 69.
- Santiago-Hernández, F., López-Ortiz, S. Ávila-Reséndiz, C.A., Jarillo-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, P., Guerrero-Rodríguez J.D. 2015. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. *Agroforestry systems*, 89:5.
- Sarukhán, J. Patricia Kole., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., de la Maza, J. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Scherr S. 1992. Not out of the woods yet: challenges for economics research on agroforestry. *American Journal of Agricultural Economics* 7(1): 802-805.
- SIPRE-CONAFOR. 2016. Sistema nacional de información forestal. SEMARNAT. <http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/economica/sipre>
- Zárate-Martínez, J.P., Esqueda-Esquivel, V.A., Vinay-Vadillo, J.C., Jácome-Maldonado S.E. 2010. Evaluación económico-productiva de un sistema de producción de leche en el trópico. *Agronomía mesoamericana* 21(2):255-265. 2010.





FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LOS INTERVALOS ENTRE PARTOS EN OVEJAS DE PELO EN EL TRÓPICO HÚMEDO. ESTUDIO RETROSPECTIVO

Blanca Sofía Guerrero Palma¹⁷², Hugo Pérez-Ramírez^{172*} y Cristino Cruz Lazo¹⁷²

Resumen

Los ovinos de pelo se encuentran ampliamente difundidos en el trópico mexicano y su productividad se ve influenciada por varios factores ambientales y genéticos, los cuales van a determinar la eficiencia reproductiva de los animales, sin embargo, su relación con indicadores del comportamiento reproductivo como el intervalo entre partos (IEP) debe precisarse. Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de factores genéticos (etapas de mejora) y ambientales (época de parto, época de destete, tipo de empadre y número de parto) sobre el IEP en ovejas pelibuey de un rebaño ubicado a 20° 4' de latitud N y 97° 3' de longitud O, manejado principalmente bajo pastoreo. A través del tiempo se han llevado a cabo diferentes tipos de manejos zootécnicos. Los datos disponibles se integraron en una hoja de cálculo y se analizaron para obtener las medias y los efectos de los factores mencionados. Por manejo genético el IEP fue menor en la etapa 1 (sin mejora), cuando las ovejas se mantenían bajo empadre continuo (279.92 ± 46.9 días). Entre manejos reproductivos, el valor más bajo para los IEP ($P < 0.05$) se obtuvo durante el empadre continuo (222.8 ± 35.1 días). Por época de destete el IEP fue menor ($P < 0.05$) cuando las ovejas destetaban en la época de secas (300.99 ± 24.45 días). Por número de parto no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre partos. Se concluye que el valor promedio de los IEP fue mayor a los rangos obtenidos en otras investigaciones para ovejas de pelo en México en zonas similares y este estudio no encontró relación directa de factores medioambientales descrita por otros autores y sí con el manejo reproductivo del rebaño, específicamente con el programa de empadres que se realiza.

¹⁷² Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT-FMVZ-UNAM).

* hperamz@unam.mx





Palabras clave: Factores genéticos y ambientales, ovejas pelibuey, pastoreo

Introducción

Los ovinos de pelo son una especie altamente difundida en los trópicos de México. La zonas tropicales se caracterizan por escasos cambios en la duración de la luz diurna a través del año, altas temperaturas y por una amplia variación en la disponibilidad del pasto, la cual está relacionada con los niveles de precipitación. Los ovinos Tabasco o Pelibuey en México (latitud 19° N) han sido descritos como una raza con características que favorecen la reproducción como son su poca estacionalidad y alta prolificidad, por lo que pueden reproducirse en casi cualquier época del año, y tener más crías por parto, tomando poca importancia la estacionalidad propia de la especie (González-Stagnaro, 1993).

El desempeño reproductivo de un rebaño puede conocerse calculando e interpretando diferentes parámetros, que individual o conjuntamente indican la eficiencia reproductiva de los animales. En ovinos, algunos de ellos son fertilidad, prolificidad e intervalo entre partos. Para evaluarlos se requiere tener información confiable y actualizada de los diferentes eventos reproductivos de cada oveja (fecha de parto, fecha de celos, fecha de servicio, inseminación y otros), así como la identificación individual del animal. Dicha información tendrá que estar disponible en registros de campo y archivados ya sea en carpetas y/o computarizados (Perea y González, 2005).

La eficiencia reproductiva está influenciada en mayor o menor medida por factores genéticos, ambientales, nutricionales, sanitarios y de manejo. Por ejemplo, la fertilidad es muy sensible al ambiente que rodea al animal, entendiéndose por ambiente todos aquellos factores externos que la influyen incluyendo el número de partos y el nivel de producción láctea. El clima y la época del año (temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento), alimentación y condición corporal (CC), días posparto, y enfermedades, son entre otros, algunos de los más importantes factores que constituyen el ambiente inmediato del animal y que repercuten en su fertilidad (Perea y González, 2005).

El intervalo entre partos (IEP) define como el número medio de días que transcurren entre un parto y el siguiente y está condicionado por aquellos factores que influyen sobre el lapso





parto - primer celo posparto y parto - concepción. Éste se acorta o aumenta por factores como el nivel nutricional, la época de parto, la lactancia, el tiempo de involución uterina y el grado de inhibición del eje hipotálamo hipófisis gonadal (Clarke *et al.*, 1984).

González-Stagnaro (1993) describe que la producción láctea y la lactancia múltiple afectan el IEP al prolongar el período de anestro, el cual a su vez es mayor en ovejas que lactan dos o más crías. Galina *et al.*, (1996) encontraron que el IEP fue significativamente diferente en los meses de parto, siendo las épocas de otoño, invierno o primavera las que presentaron mayores IEP, contrario a los partos ocurridos en verano; además señalan que hubo una correlación positiva entre la lluvia, fertilidad y presentación de estros, atribuyendo a la disponibilidad de pasto como factor que contribuyó nutricionalmente en éste hecho. Similar a lo descrito por González-Stagnaro (1993), donde afirma que la aparición de las lluvias favorece la disponibilidad de alimentos, y que en animales bajo condiciones de escasez de pastos, sería suficiente para modular el efecto nutricional sobre la actividad ovárica y la expresión de los celos, destacando que la condición corporal es el factor desencadenante más importante para éste hecho.

Algunos autores informan que el mes de parto previo tiene influencia sobre el IEP, ya que las ovejas que parieron en enero tuvieron un mayor IEP que las ovejas paridas en julio (227 ± 39.4 vs 188 ± 4.6 días) sugiriendo una posible influencia estacional (Porrás *et al.*, 2003) y otros que las ovejas que parieron en otoño-invierno tuvieron un intervalo significativamente mayor entre el parto y el primer estro, comparadas con aquellas ovejas que parieron en cualquier otra época del año (Cruz *et al.*, 1983).

Debido a que en este rebaño no se ha hecho un análisis con toda la información disponible del comportamiento reproductivo de los ovinos desde su inicio, es importante conocer cual ha sido éste a través del tiempo y los factores que lo han modificado, así se podrá dirigir la investigación para optimizar la eficiencia reproductiva del rebaño. Los objetivos específicos fueron analizar la base de datos disponible de 1978 a 2016 para estimar algunos indicadores del comportamiento reproductivo (intervalo entre partos) de las ovejas pelibuey, calcular el intervalo entre partos (IEP) que han tenido las ovejas y determinar el IEP por algunos factores de manejo genético (etapa de mejora) y ambientales (época de parto, época de destete, tipo de empadre, número de parto).





Materiales y métodos

Localización

El trabajo se llevó a cabo con datos del Módulo de Producción Ovina (MPO) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el km 5.5 de la carretera federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México, a 20° 4' de latitud Norte y 97° 3' de longitud Oeste. La temperatura media anual es de 23.4 °C y la precipitación pluvial de 1,840 mm anuales, con clima Af(m)w"e definido como de un cálido húmedo con lluvias todo el año, prevalentes en verano representando la vegetación un agroecosistema de bosque subtropical semi-siempre verde (García,1988).

Alimentación

Se ha basado principalmente en el pastoreo de especies de gramas nativas (*Axonopus sp* y *Paspalum sp*) y forrajes introducidos como el estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) que fue sustituido por el estrella de santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) y braquiarias (*Brachiaria brizantha* o pasto insurgente, algunas variedades híbridas como el pasto caimán o *Brachiaria* híbrida 1752, el pasto Oaxaca o *Brachiaria* híbrida 1792, y algunas variedades de porte rastro como la *Brachiaria arrecta*), pasto Taiwán (*Pennisetum sp*) para suministrarse picado durante las épocas críticas y actualmente se utiliza en pastoreo directo con ovejas y sementales; También hay pastos de porte erecto como los del género *Panicum maximum* (Aruana, Guinea, Tanzania) (Cruz y Pérez, 2013; Pérez y Cruz, 2018).

Como alimentación complementaria se han utilizado alimentos concentrados comerciales, soya, bloques de melaza-urea y cáscara de cítricos, entre otros (Cruz y Pérez, 2010). En la actualidad solamente se complementa cuando existe falta de forraje, antes y durante el empadre ("flushing"). El criterio para complementar antes y durante el empadre, se basa en la condición corporal de las ovejas (≤ 2.5). Después del parto y durante el período de lactancia, cada oveja adulta recibe concentrado comercial y 2 Kg de cáscara de cítricos por día; el suministro del concentrado se realizaba en dos fracciones a lo largo del día.





Manejo reproductivo

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los diferentes manejos reproductivos realizados en el MPO desde 1978 a 2016.

Manejo genético

De 1978 a 1986 no se realizaron acciones de mejora hacia ninguna característica en el rebaño. A partir de junio de 1986 se realizó una depuración del rebaño eliminando a los animales que presentaran exceso de lana, cuernos (en los machos), problemas físicos (de aplomos, prognatas, braquignatos), o problemas reproductivos (criptorquidismo en machos, tetas ciegas o supernumerarias y falta de partos en hembras).

Otros criterios utilizados de 1986 a 2010 en la selección de hembras reproductoras fueron la edad a primer parto, el intervalo entre partos, talla, peso de animales destetados, prolificidad, edad y aspectos físicos. En sementales también se tomó en cuenta la conformación, aspectos físicos, ganancia diaria de peso (GDP) de la progenie, libido y edad. Los reemplazos se preseleccionaron al destete por peso, tipo de nacimiento crianza, GDP, índice de conformación, índice de machos y aspectos físicos (Pérez, 2012).

Cuadro 1. Sistemas reproductivos utilizados en el módulo de ovinos del CEIEGT.

Sistema de manejo reproductivo	Inició		Terminó	
	Mes	Año	Mes	Año
1 Continuo (Co)	Sep	1978	May	1981
2 Cada 7 meses con empadre 2dario 3 meses después del principal (C7s)	Jun	1981	Abr	1984
3 Alterno un mes sí y un mes no (AI)	May	1984	Jun	1986
4 Cada 8 meses (C8)	Jul	1986	Jun	1990
5 Cada 8 meses con empadre 2dario 4 meses después del principal (C8s)	Oct	1990	Oct	1992
6 Empadre en octubre-noviembre, febrero-marzo (2An)	Nov	1992	Jul	2006
7 Empadre en agosto-septiembre, octubre-noviembre, febrero-marzo (3An)	Ago	2006	Nov	2016

Guzmán, 1997.

Sanidad

Tanto los animales reproductores como los corderos eran desparasitados mensualmente y el control estaba basado en los resultados de laboratorio de análisis coproparasitológicos





efectuados cada 14 días (se desparasitaban si tenían, más de 400 huevecillos por gramo de heces).

Además hasta 2010 se vacunaba contra derriengue en el mes de mayo, contra clostridiasis y neumonías en abril y en octubre se realizaba un control de problemas podales, lo cual incluía recorte de pezuñas y pediluvio con sulfato de cobre al 20% (Pérez, Álvarez y Cruz, 2005).

A partir de 2006 y hasta la actualidad se realiza una desparasitación selectiva de los animales, mediante el método FAMACHA[®]. Los ovinos que presentan categorías de 3 a 5 de la escala 1 a 5, son desparasitados con Levamisol al 12% a dosis de 7.5 mg/kg PV vía IM, también a partir de 2006 se lleva a cabo el muestreo de sangre para revalidación del certificado de hatillo libre de brucela cada año en noviembre (Pérez, Álvarez y Cruz, 2005).

Datos

Se utilizó la información contenida en la base de datos del MPO, se analizaron los datos de todas las hembras que parieron entre los años 1978 y 2016, que contaban con identificación y al menos con un intervalo entre partos (dos partos).

Variables

La variable dependiente fue el intervalo entre partos (IEP) y las variables independientes fueron:

Etapas de manejo genético: 1 (sin selección de 1978 a junio de 1986); 2 (inicia la selección julio de 1986 a diciembre de 2016). Época de parto: 1 (lluvias de julio a octubre); 2 (nortes de noviembre a febrero); 3 (secas de marzo a junio). Época de destete: 1 (lluvias de julio a octubre); 2 (nortes de noviembre a febrero); 3 (secas de marzo a junio).

Manejo reproductivo: 1, 2, 3, 7 (ver Cuadro 1)

Número de parto: 1, 2, 3, ...9

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se uniformizaron y manejaron para su depuración en una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel[®] (Microsoft, 2010). Una vez ordenados fueron analizados mediante el programa estadístico SAS[®] (SAS, 2000) en sus rutinas PROC MEANS y PROC NPAR1WAY para obtener las medias, frecuencias y el análisis de varianza de cada variable.





Resultados y discusión

El valor promedio encontrado para el intervalo entre partos (IEP) de los 6,688 intervalos evaluados en este estudio fue de 339.21 ± 1.32 días. Este resultado se encuentra por arriba de los rangos obtenidos (296.7 ± 17.9 , 274 ± 88 días) en otras investigaciones para ovejas de pelo en México en zonas de trópico húmedo y subhúmedo (Andrade, 2010; González, 2001) y de los valores promedios (294 ± 78 días) encontrados en ovejas pelibuey por otros autores en Venezuela (De Combellas, 1993).

Etapa de manejo genético

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de IEP por etapa de manejo genético, en la etapa 1 se tuvo el menor valor con 279.92 ± 15.35 ($X \pm E.E.$). Todas las observaciones fueron diferentes entre sí ($P < 0.01$).

Cuadro 2. Medias de intervalo entre partos por etapa de manejo genético en ovejas Tabasco en el MPO (1978-2016).

Etapa	n (%) ¹	Intervalo entre partos ²	Mínimo ³	Máximo ³
1 Sin selección 1978-1986	1,133 (16.65)	279.92 ± 46.99^a	167	754
2 Con selección 1986-2010	4,628 (68.02)	339.97 ± 2.00^b	170	969
3 Con selección ⁴ 2011-2016	1,043 (15.33)	371.77 ± 22.27^c	193	993
TOTAL	6,804 (100.0)			

1 = entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2 = días, $X \pm D.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3 = días. 4 = Y con mejoras en la alimentación.

Esto significa que durante la etapa 1 que abarca los años de 1978 a 1986, es decir, en los años en que no se realizó ningún tipo de manejo genético las ovejas del rebaño tuvieron una mayor eficiencia reproductiva. Se puede atribuir a que durante el período de 1978 a 1981, se llevó a cabo un empadre de tipo continuo donde las hembras fueron servidas tan pronto como reiniciaron su actividad reproductiva en el posparto. Además, se ha descrito que el desarrollo del potencial genético de los animales se refleja en sus indicadores de producción y reproducción (Pérez, 2012) y es probable que existen otros factores no genéticos ocurridos en años posteriores a 1986 los cuales afectaron el intervalo entre partos aumentando los días (p.e. el manejo reproductivo).





Por manejo reproductivo

El promedio del IEP dependiendo el tipo de empadre fue diferente (Cuadro 3), durante los años 1978 a 1981 se obtuvo el menor intervalo entre partos (222.8 ± 35.1), mientras que de 2006 a 2016, cuando se realizan los empadres en agosto-septiembre, octubre-noviembre y febrero-marzo (empadre 3An, Cuadro 1) se obtuvo el valor promedio más alto (360.1 ± 24.1). Estos resultados coinciden con los encontrados por González (2001), quien obtuvo una media de (267 ± 86 días) bajo un sistema de empadre continuo, lo cual fue menor al promedio de IEP en ovejas Pelibuey servidas en un sistema de empadre estacional en los meses de mayo y noviembre (277 ± 96 días) pero aún con una media menor a las encontradas en este trabajo.

Cuadro 3. Medias de intervalo entre partos por manejo reproductivo en ovejas Tabasco en el MPO (1978-2016).

Manejo Reproductivo	n (%) ¹	Intervalo entre partos ²	Mínimo ³	Máximo ³
1	203 (2.98)	222.81 ± 35.13^c	169	454
2	550 (8.08)	291.98 ± 11.90^b	167	754
3	343 (5.04)	298.52 ± 9.06^b	172	750
4	416 (6.11)	265.55 ± 38.75^b	179	815
5	431 (6.33)	258.35 ± 47.13^b	170	948
6	2924 (42.97)	359.32 ± 25.50^a	177	969
7	1937 (28.47)	360.14 ± 24.07^a	193	993
TOTAL	6804 (100.0)			

1 = entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2 = días, $X \pm D.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3 = días

Época de parto

El promedio de IEP (días) dependiendo de la época de parto, fue similar en los tres casos Cuadro 4, sin embargo, de acuerdo a Galina *et al.*, (1996) y González-Stagnaro (1993) existe un efecto estacional que favorece la disponibilidad de forrajes, alimentación y el reinicio de la actividad sexual posparto de las ovejas.





Cuadro 4. Medias de intervalo entre partos por época de parto en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Época de Parto	n (%) ¹	IEP ²	Mínimo ³	Máximo ³
Secas	3578 (52.59)	346.57±15.52 ^a	172	993
Nortes	2178 (32.01)	321.59±10.75 ^b	167	948
Lluvias	1048 (15.40)	322.36±16.46 ^b	169	993
TOTAL	6804 (100.0)			

1 = entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2 = Intervalo entre partos, días, $X \pm D.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3 = días.

Época de destete

El promedio de IEP (días) dependiendo de la época de destete, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre épocas (Cuadro 5), con menor IEP en las ovejas que destetan en la época de secas (Marzo-Junio) que en las otras dos épocas del año. Sin embargo, según Cruz *et al.*, (1983) y Gómez y González (1997), la actividad reproductiva disminuye de enero a mayo, lo cual incrementa la duración del intervalo entre partos debido a la disminución en la supervivencia embrionaria y fertilización de óvulos (Cruz *et al.*, 1982).

Cuadro 5. Medias de intervalo entre partos por época de destete en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Época de Destete	n (%) ¹	IEP ²	Mínimo ³	Máximo ³
Nortes	1998 (36.60)	352.94±13.68 ^c	169	993
Secas	749 (13.72)	300.99±24.45 ^a	172	849
Lluvias	2712 (49.68)	336.34± 1.18 ^b	170	993
TOTAL	5459 (100.0)			

1 = entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2 = Intervalo entre partos, días, $X \pm D.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3 = días.

Número de parto

No hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre número de parto (Cuadro 6), lo cual es diferente a lo encontrado por otros autores ya que se ha descrito que el intervalo entre partos es mayor en el segundo parto (284 ± 94 días), disminuyendo paulatinamente y registrándose el promedio menor después del quinto parto (256 ± 84 días) (González, 2001). En este estudio la tendencia fue similar, con un mayor IEP en el tercer parto (338.12 ± 0.55) para luego de estabilizarse y mantenerse sin cambio hasta el 8vo parto (339.35 ± 0.57 , 336.87 ± 0.89 , 335.85 ± 0.60 , 335.96 ± 0.09 y 337.12 ± 0.15 , para el 4to, 5to, 6to, 7o y 8vo respectivamente).





En el MPO es probable que el IEP se haya visto afectado por el sistema reproductivo que se llevara a cabo en cada parto de las ovejas, pero eso requerirá de otro análisis de la información.

Cuadro 6. Medias intervalo entre partos por número de parto en ovejas Tabasco en el MPO (1980-2016).

Número de parto	n (%) ¹	IEP ²	Mínimo ³	Máximo ³
2	2,033 (29.88)	328.56±4.30 ^a	171	993
3	1,597 (23.47)	338.12±0.55 ^b	169	849
4	1,230 (18.08)	339.35±0.57 ^b	167	865
5	884 (12.99)	336.87±0.89 ^b	170	850
6	567 (8.33)	335.85±0.60 ^b	174	969
7	291 (4.28)	335.96±0.09 ^b	188	757
8	132 (1.94)	337.12±0.15 ^b	194	993
9	70 (1.03)	320.96±0.27 ^a	206	751
TOTAL	6,804 (100.0)			

1 = entre paréntesis el porcentaje con respecto al total de observaciones. 2 = Intervalo entre partos, días, $X \pm D.E.$, medias con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.01$). 3= días.

Conclusiones

El valor promedio del intervalo entre partos (IEP) fue mayor a los rangos obtenidos en otras investigaciones para ovejas de pelo en México en zonas similares.

El valor promedio de IEP fue aumentando después del año 1986, es posible que esto se haya debido a cambios en el manejo genético, reproductivo y nutricional que se implementaron.

El presente trabajo no encontró una relación directa de factores ambientales como la época de parto sobre el IEP descrita por otros autores, atribuible al manejo reproductivo de las ovejas.

Es necesario evaluar las interacciones entre los sistemas reproductivos y de manejo (alimenticio, sanitario, genético y de pastoreo) implementados en el MPO desde su fundación.





Literatura citada

- Andrade MAM. 2010. Estudio de características reproductivas en un rebaño comercial de ovejas pelibuey en Campeche, México (tesis de maestría). México: Colegio de posgraduados Campus Montecillo,.
- Clarke IJ, Wright PJ, Chamby WA, Burman K. 1984. Diferences in the reproductive endocrine status of ewes in the early postpartum periods and during seasonal anoestros. *Journal of Reproduction and fertility, Australia*; 70 (2): 591-7.
- Cruz LC, Fernández BS, Escobar MFJ, Quintana F. 1983. Edad al primer parto e intervalo entre partos en ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Veterinaria México*; 14: 1-5.
- Cruz LC, Pérez RH, Sistema integral de producción ovina en el trópico: 21° Día del ganadero 2013 Junio 21; Tlapacoyan, Veracruz. México: CEIEGT-FMVZ-UNAM, 2013: 31-35
- Cruz LC, Ramírez B, Fernández BS. 1982. Características reproductivas del ovino Tabasco: Pubertad, actividad ovárica postparto y ciclos estrales. VIII Congreso Nacional de Buiatría, Veracruz (México): 485-488
- De Combellas JB. 1993. Comportamiento reproductivo en ovinos tropicales. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ*; 3: 135-141.
- Galina MA, Morales R, Silva E, López B. 1996. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Ruminant Res*; 22: 31-37.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de KÖPPEN. 4ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Gómez SS, Martínez GJC, González RA. 1997. Comportamiento reproductivo en ovejas Pelibuey: efectos de la introducción del morueco y de estación sobre la manifestación de estro. *Memorias del IX Congreso Nacional de Producción Ovina*; junio 2-5; Querétaro (México): Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos, AC, 68-71.
- González GA, Torres HG, Carlos BPM, Díaz RP. 2001. Relación del color del pelaje y factores ambientales con características reproductivas en ovejas tropicales. *Agrociencia*; 35: 41-50.





- González-Stagnaro C. 1993. Comportamiento reproductivo de ovejas y cabras tropicales. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ*; (3): 173-196.
- Guzmán JM. 1997. Comportamiento reproductivo de ovinos tabasco bajo diferentes sistemas de manejo reproductivo en el trópico húmedo (tesis de licenciatura). México: Universidad Nacional Autónoma de México,.
- Microsoft. 2010. Microsoft Office 2010. Microsoft, Santa Rosa, California.
- Perea GF, González SC, editores. 2005. Factores que afectan la fertilidad del rebaño. *Manual de ganadería doble propósito*, Venezuela: Ediciones Astro Data.
- Pérez RH y Cruz LC. 2018. Alternativas para una ovinocultura sustentable en condiciones de pastoreo. 26° Día del Ganadero; Tlapacoyan, Veracruz. México: CEIEGT-FMVZ-UNAM, 22 de junio de 2018: pp 47-56
- Pérez RH, Álvarez LJA y Cruz LC. 2005. Modelo de producción con ovinos de pelo "El Cenzontle 13° Día del ganadero julio 1°;Tlapacoyan, Veracruz. México: CEIEGT-FMVZ-UNAM, 2005: 43-56
- Pérez RH. 2012. Herramientas de selección y su aplicación en la ovinocultura. 2° Foro de ovinos de pelo octubre 18 y 19; Colegio de postgraduados Campus Veracruz. México: SIPROV, 2012: 116-118
- Porras AA, Zarco QL, Valencia MJ. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia Veterinaria*; 9: 1-34.
- SAS. 2000. SAS Institute Inc. SAS/STAT® Software: Changes and Enhancements, Release 8.1. Cary, NC: SAS Institute Inc.,.





PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN Y SUIZO PARDO Y DE SUS CRUZAS RECÍPROCAS EN CLIMA SUBTROPICAL

Ángel Ríos Utrera^{173*}, René Carlos Calderón Robles¹⁷³, Vicente Eliezer Vega Murillo¹⁷³, Moisés Montañó Bermúdez¹⁷³, Guillermo Martínez Velázquez¹⁷³, Sergio Iván Román Ponce¹⁷³, Juan José Baeza Rodríguez¹⁷³, Miguel Enrique Arechavaleta Velasco¹⁷³ y René Calderón Chagoya¹⁷⁴

Resumen

El objetivo fue evaluar la duración de la lactancia (DL), la producción de leche por lactancia, la producción de leche por día y la producción de leche por día interparto de vacas Holstein (HO), Suizo Pardo (SP), Holstein x Suizo Pardo (HS) y Suizo Pardo x Holstein (SH) mantenidas en clima subtropical. Todas las variables se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS, con un modelo de mediciones repetidas que incluyó grupo genético de la vaca, año de parto, época de parto, número de parto, las interacciones de dos factores que fueron significativas ($P < 0.05$) y la duración de la lactancia como covariable, excepto para DL, como efectos fijos, más vaca anidada en grupo genético de la vaca y padre de la vaca anidado en grupo genético del padre como efectos aleatorios. Los análisis se realizaron probando diferentes estructuras de covarianzas: simple, auto-regresiva de primer orden, auto-regresiva de primer orden heterogénea, simetría compuesta, simetría compuesta heterogénea, ante-dependencia de primer orden, Toeplitz, Toeplitz heterogénea y sin estructura. La selección de la mejor estructura de covarianzas se basó en tres criterios de información de ajuste: de Akaike, de segundo orden y bayesiano de Schwarz. La DL de las vacas puras fue similar ($P > 0.05$) a las de las vacas cruzadas. Por el contrario, la producción de leche por lactancia y la producción de leche por día de las vacas HO, HS y SH fue mayor ($P < 0.05$) que la de las vacas SP. La producción de leche por día interparto de las vacas HO y HS fue mayor ($P < 0.05$) que la de las vacas SP; la producción de leche por día interparto de las vacas SH fue similar a la de las vacas de los otros grupos genéticos. Los resultados

¹⁷³ Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

* rios.angel@inifap.gob.mx

¹⁷⁴ Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).





sugieren la existencia de efectos de heterosis en la producción de leche por lactancia y la producción de leche por día.

Palabras clave: Dialelo, Holstein, Suizo Pardo, Producción de leche, Subtrópico

Introducción

Una de las grandes herramientas genéticas para mejorar la producción, reproducción y supervivencia de los animales domésticos es el cruzamiento entre razas (Van Vleck *et al.*, 1987). El cruzamiento entre razas ofrece tres grandes ventajas: 1) permite hacer un uso adecuado de la heterosis o vigor híbrido, 2) permite la complementariedad racial; es decir, la combinación de características deseables de dos o más razas en los animales híbridos, y 3) permite hacer compatible el potencial genético de los animales con el objetivo de producción, las condiciones climáticas y los recursos alimenticios disponibles en la explotación ganadera. A partir de investigaciones previas, es posible asumir que la heterosis se puede manifestar en diversas características al cruzar diferentes razas lecheras (Schaeffer *et al.*, 2011). En 1995, se implementó un dialelo para evaluar apareamientos inter-raciales entre Holstein y Suizo Pardo en el sitio experimental Las Margaritas (Hueytamalco, Puebla), como un método genético para mejorar la producción de leche, así como el crecimiento, la reproducción y la longevidad de las vacas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la duración de la lactancia, la producción de leche por lactancia, la producción de leche por día y la producción de leche por día interparto de vacas Holstein, Suizo Pardo, Holstein x Suizo Pardo y Suizo Pardo x Holstein mantenidas en clima subtropical.

Materiales y métodos

Descripción del lugar donde se realizó el estudio

El estudio se realizó en el sitio experimental Las Margaritas, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el





municipio de Hueytamalco, en la sierra nororiente del estado de Puebla, México, a 500 m de altitud. Presenta un clima subtropical húmedo semicálido (García, 1988). La temperatura promedio anual es de 20.8°C, la mínima de 15.3°C en invierno y la temperatura máxima es de 24.2°C en verano. Además, presenta un periodo bien definido de lluvias de julio a octubre, y un periodo de baja temperatura con llovizna que inicia a finales de octubre y termina a finales de febrero.

Animales

Para la realización del presente trabajo, se utilizó la información productiva y genealógica de un total de 234 vacas de las razas: Holstein (n=90), Suizo Pardo (n=98), ½ Holstein x ½ Suizo Pardo (n=19) y ½ Suizo Pardo x ½ Holstein (n=27), las cuales fueron producidas con 68 sementales Holstein y 55 sementales Suizo Pardo, y 81 madres Holstein y 79 madres Suizo Pardo. Los 123 sementales se aparearon con las 160 vacas a través inseminación artificial (principalmente) y monta natural. Las 234 vacas evaluadas nacieron de 1996 a 2010 y parieron de 2000 a 2013.

Manejo reproductivo

El manejo reproductivo se inició cuando las hembras alcanzaron aproximadamente 350 kg, momento en el cual se realizó la primera inspección de los genitales internos mediante palpación rectal. Posteriormente, la palpación de los genitales internos se realizó rutinariamente cada 15 días para determinar la existencia de posibles problemas reproductivos. La detección de calores (estros) se realizó una hora en la mañana (de 06:00 a 07:00 horas) y otra hora en la tarde (de 17:00 a 18:00 horas), con el apoyo de un toro con pene desviado. Las hembras en celo fueron inseminadas de la manera convencional. Las que presentaban celo en la mañana fueron inseminadas en la tarde y las que presentaban celo en la tarde fueron inseminadas al siguiente día por la mañana. El diagnóstico de gestación se realizó a partir de los 45 días posteriores a la última inseminación.

Alimentación

Las vacas se mantuvieron en pastoreo rotacional en potreros con zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Los periodos de ocupación de los potreros fueron de 2 a 3 días, y





los periodos de descanso fueron de 35 a 40 días, dependiendo de la época del año, con una carga animal de 2.5 unidades animal por hectárea al año. Durante la época de sequía (noviembre a marzo), las vacas recibieron de 20 a 30 kg/animal/día de caña japonesa (*Saccharum sinense*). Además, las vacas en lactancia recibieron durante el ordeño 3.5 kg de un alimento concentrado comercial (16% de proteína cruda y 70% de total de nutrientes digestibles) al día, mientras que las vacas secas recibieron 2 kg del mismo tipo de alimento al día.

Manejo durante el ordeño

Las vacas se separaron de sus crías al tercer día posparto, posteriormente se manejaron en tres lotes: 1) vacas del parto al quinto mes de lactancia, 2) vacas del quinto mes de lactancia al secado y 3) vacas secas. Las vacas en producción ingresaron a la sala de ordeño a partir del cuarto día posterior al parto. Se ordeñaron dos veces al día mediante ordeñadora mecánica (Alfa Laval Agri, In-churn, Reino Unido). El pesaje de la leche se realizó mecánicamente en cada ordeño con medidores proporcionales tipo Waikato, los cuales estaban integrados a la ordeñadora mecánica. La producción total de leche de cada día se obtuvo sumando la leche producida durante el primer ordeño a la producida durante el segundo. Las vacas se secaron cuando tuvieron siete meses de gestación o su producción de leche fue menor a 2 kg por día.

Variables analizadas

Las características estudiadas fueron: 1) duración de la lactancia (DL), definida como el número de días transcurridos desde el parto hasta el secado; 2) producción total de leche por lactancia (PTL, kg), definida como los kilogramos de leche producidos por vaca durante la lactancia; 3) producción de leche por día (kg/día), calculada como PTL/DL ; y 4) producción de leche por día interparto, definida como $PTL/\text{intervalo entre partos}$ (kg/día interparto). Los registros con una duración de la lactancia menor que 150 y mayor que 610 días se eliminaron de la base de datos. En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas de las variables estudiadas.





Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de las variables estudiadas.

Variable	N	Media	DE	Mínimo	Máximo
Duración de la lactancia (días)	818	352.6	91.6	153.0	609.0
Producción de leche por lactancia (kg)	818	3,618.6	1,255.9	594.0	8,502.0
Producción de leche por día (kg)	818	10.4	2.9	3.0	20.9
Producción de leche por día interparto (kg)	652	8.5	2.6	1.3	17.3

N= número de observaciones; DE= desviación estándar; Mínimo= valor mínimo; Máximo= valor máximo.

Análisis estadísticos

Todas las variables se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS (2011), con un modelo preliminar de mediciones repetidas que incluyó grupo genético de la vaca, año de parto, época de parto, número de parto, las interacciones de dos factores entre estos efectos, y la duración de la lactancia como covariable, excepto para duración de la lactancia, como efectos fijos, más vaca anidada en grupo genético de la vaca y padre de la vaca anidado en grupo genético del padre como efectos aleatorios. Los análisis preliminares se realizaron aplicando diferentes estructuras de covarianzas: simple, auto-regresiva de primer orden, auto-regresiva de primer orden heterogénea, simetría compuesta, simetría compuesta heterogénea, ante-dependencia de primer orden, Toeplitz, Toeplitz heterogénea y sin estructura. Para obtener los modelos definitivos, se eliminaron las interacciones y los efectos aleatorios que no fueron significativos ($P > 0.05$) en los análisis preliminares, y se seleccionó la estructura de covarianzas que causó el mejor ajuste en el modelo. La selección de la mejor estructura de covarianzas se basó en los criterios de información de ajuste de Akaike, de segundo orden, y bayesiano de Schwarz.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presentan los valores de los criterios de información de ajuste. Las estructuras de covarianzas que produjeron el mejor ajuste fueron: auto-regresiva de primer orden para duración de la lactancia y producción de leche por lactancia, simple para producción de leche por día, y ante-dependencia de primer orden para producción de leche por día interparto.





Cuadro 2. Valores de los criterios de información de ajuste de Akaike (AIC), de segundo orden (AICC) y bayesiano de Schwarz (BIC).

Variable/Estructura de covarianzas	Criterio de información ^a		
	AIC	AICC	BIC
Duración de la lactancia			
Simple	9487.1	9487.1	9494.0
Auto-regresiva de primer orden	9224.9	9224.9	9238.7
Auto-regresiva de primer orden heterogénea	9504.5	9504.9	9546.0
Simetría compuesta	9489.1	9489.1	9499.5
Simetría compuesta heterogénea	9492.1	9492.5	9533.6
Ante-dependencia de primer orden	NE	NE	NE
Toeplitz	NE	NE	NE
Toeplitz heterogénea	NE	NE	NE
Sin estructura	NE	NE	NE
Producción de leche por lactancia			
Simple	12746.7	12746.7	12757.0
Auto-regresiva de primer orden	12136.2	12136.2	12150.0
Auto-regresiva de primer orden heterogénea	12158.1	12158.6	12203.0
Simetría compuesta	12147.3	12147.4	12161.1
Simetría compuesta heterogénea	12168.1	12168.6	12213.1
Ante-dependencia de primer orden	NE	NE	NE
Toeplitz	NE	NE	NE
Toeplitz heterogénea	NE	NE	NE
Sin estructura	NE	NE	NE
Producción de leche por día			
Simple	3323.8	3323.8	3334.1
Auto-regresiva de primer orden	3382.8	3382.8	3396.6
Auto-regresiva de primer orden heterogénea	3380.2	3380.8	3428.6
Simetría compuesta	3392.6	3392.6	3406.4
Simetría compuesta heterogénea	NE	NE	NE
Ante-dependencia de primer orden	NE	NE	NE
Toeplitz	NE	NE	NE
Toeplitz heterogénea	NE	NE	NE
Sin estructura	NE	NE	NE
Producción de leche por día interparto			
Simple	2759.3	2759.4	2766.3
Auto-regresiva de primer orden	2693.6	2693.7	2704.0
Auto-regresiva de primer orden heterogénea	2766.8	2767.4	2811.7
Simetría compuesta	2693.7	2693.7	2704.0
Simetría compuesta heterogénea	NE	NE	NE
Ante-dependencia de primer orden	2620.3	2622.1	2696.3
Toeplitz	NE	NE	NE
Toeplitz heterogénea	NE	NE	NE
Sin estructura	NE	NE	NE

^aValores menores indican mejor ajuste. NE= no estimable.





En el Cuadro 3 se muestran los niveles de significancia de los efectos incluidos en los modelos estadísticos. Grupo genético, año de parto, número de parto y vaca anidada en grupo genético afectaron producción de leche por lactancia, producción de leche por día y producción de leche por día interparto; padre anidado en grupo genético afectó producción de leche por lactancia y producción de leche por día.

Cuadro 3. Significancia de los efectos incluidos en los modelos estadísticos.

Efecto	Característica ^a			
	DL	PLL	PLD	PLDI
Grupo genético (GG)	0.0998	<0.0001	<0.0001	0.0001
Año de parto (AP)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Época de parto (EP)	0.6611	0.0505	0.1967	0.1410
Número de parto (NP)	0.6691	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AP x EP	0.0352	-	0.0984	-
GG x AP	-	<0.0001	<0.0001	0.0005
GG x NP	-	0.0129	0.0025	0.0155
Duración de la lactancia	-	<0.0001	<0.0001	-
Vaca anidada en grupo genético	0.0385	0.0143	<0.0001	<0.0001
Padre anidado en grupo genético	-	0.0203	0.0350	-

^aDL= duración de la lactancia; PLL= producción de leche por lactancia; PLD= producción de leche por día; PLDI= producción de leche por día interparto.

Las medias de las variables estudiadas se muestran en el Cuadro 4 para los grupos genéticos evaluados. La duración de la lactancia de las vacas puras fue similar ($P>0.05$) a las de las vacas cruzadas. Por el contrario, la producción de leche por lactancia y la producción de leche por día de las vacas Holstein, Holstein x Suizo Pardo y Suizo Pardo x Holstein fue mayor ($P<0.05$) que la de las vacas Suizo Pardo. La producción de leche por día interparto de las vacas Holstein y Holstein x Suizo Pardo fue mayor ($P<0.05$) que la de las vacas Suizo Pardo; la producción de leche por día interparto de las vacas Suizo Pardo x Holstein fue intermedia, siendo similar a la de las vacas de los otros grupos genéticos. Similarmente, Abdalla y El-Tarabany (2014), en un trabajo realizado en el Cairo (Egipto), encontraron que vacas Holstein, Holstein x Suizo Pardo y Suizo Pardo x Holstein produjeron más leche por lactancia que vacas Suizo Pardo. Por su parte, Vallone *et al.* (2014), en un estudio realizado en Argentina con vacas en pastoreo, encontraron que vacas Holstein produjeron más leche





por lactancia que vacas Suizo Pardo, mientras que la producción de leche por lactancia de vacas Holstein x Suizo Pardo fue similar a la de las vacas puras Holstein y Suizo Pardo.

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para duración de la lactancia (DL), producción de leche por lactancia (PLL), producción de leche por día (PLD) y producción de leche por día interparto (PLDI), por grupo genético.

Grupo genético	DL (días)	PLL (kg)	PLD (kg)	PLDI (kg)
Holstein	369.6 ± 7.3 ^a	3,680.2 ± 74.5 ^a	10.5 ± 0.21 ^a	8.5 ± 0.20 ^a
Suizo Pardo	350.3 ± 7.2 ^a	3,073.1 ± 74.5 ^b	8.9 ± 0.21 ^b	7.3 ± 0.19 ^b
Holstein x Suizo Pardo	361.5 ± 12.7 ^a	3,703.7 ± 152.1 ^a	10.5 ± 0.45 ^a	8.5 ± 0.36 ^a
Suizo Pardo x Holstein	339.3 ± 11.3 ^a	3,401.6 ± 125.0 ^a	9.8 ± 0.36 ^a	8.0 ± 0.29 ^{ab}

^{a,b}Medias con distinta literal son diferentes (P<0.05).

Conclusiones

Los grupos genéticos evaluados no difirieron en la duración de la lactancia; sin embargo, las diferencias encontradas en la producción de leche por lactancia y la producción de leche por día entre los grupos genéticos evaluados, sugieren la participación de efectos de heterosis en la determinación de estas dos últimas características.

Literatura citada

- Abdalla, H. and M. S. El-Tarabany. 2014. Reproductive performance of Holstein, Brown Swiss and their crosses under subtropical environmental conditions with brief reference to milk yield. *Global Vet.* 13(5):836-843.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 109-110.
- Vallone, R., E. Camiletti, M. Exner, W. Mancuso y P. Marini. 2014. Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruizas en un sistema a pastoreo. *Rev. Vet.* 25:1:40-44.





Van Vleck, L.D., E.J. Pollak and E.A. Oltenacu. 1987. Genetics for the animal sciences. 1st ed. W. H. Freeman and Company. New York, USA. 391 p.

SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT R 9.3 User's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc.

Schaeffer, L.R., E.B. Burnside, P. Glover and J. Fatehi. 2011. Crossbreeding results in Canadian dairy cattle for production, reproduction and conformation. The Open Agric. J. 5:63-72.





PORCENTAJE DE GENES *Bos taurus* SOBRE LA REPRODUCCIÓN DE VACAS HOLSTEIN-BRAHMAN Y SUIZO PARDO-BRAHMAN EN CLIMA TROPICAL SUBHÚMEDO

Benjamín Alfredo Piña Cárdenas^{175*}, Ángel Ríos Utrera¹⁷⁵, Juan Prisciliano Zárate Martínez¹⁷⁵,
Vicente Eliezer Vega Murillo¹⁷⁵, Javier Francisco Enríquez Quiroz¹⁷⁵, Maribel Montero Lagunes¹⁷⁵,
Martha Eugenia Valdovinos Terán¹⁷⁵, Alma Ximena Ibarra Gómez¹⁷⁵ y Jaime Rangel Quintos¹⁷⁵

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del porcentaje de genes *Bos taurus* sobre edad a primer parto (EPP), días parto primer servicio (DPPS), servicios por concepción (SPC), tasa de gestación a primer servicio (TGPS), duración de la gestación DG, días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP) de vacas Holstein-Brahman (HOXBR) y Suizo Pardo-Brahman (SPXBR) de varias proporciones raciales. Los análisis de EPP, DPS, DG, DA e IEP se realizaron de manera separada para cruzas HOXBR y SPXBR. Los análisis de SPC y TG1 se realizaron agrupando las cruzas y SPXBR, debido a la falta de convergencia en los análisis de estas dos últimas variables, al evaluar las cruzas y SPXBR de manera independiente. EPP se analizó con PROC GLM de SAS. DPS, DG, DA e IEP se analizaron con PROC MIXED, con un modelo de mediciones repetidas, asumiendo una estructura de covarianzas auto-regresiva de primer orden. SPC y TG1 se analizaron con PROC GENMOD, con un modelo de mediciones repetidas asumiendo la estructura de covarianzas mencionada. Para SPC, además, se asumió una distribución Poisson, por ser ésta una variable de tipo conteo, y para TG1 se asumió una distribución binomial y se utilizó una función liga logit. En todos los casos, el modelo incluyó el porcentaje de genes *Bos taurus* (<75%, ≥75%) y el año (2010-2018), la época (seca, lluviosa) y la edad de la vaca al parto (excepto EPP). La EPP de las vacas cruzadas con <75% de genes Holstein (Ho) fue 0.3 años menor ($P < 0.05$) que la de las vacas cruzadas con ≥75% de genes Ho. El IEP de las vacas cruzadas con <75% de genes Ho fue 40.6 días menor ($P < 0.05$) que el de las vacas con ≥75% de genes Ho. Las vacas con <75% de genes HO y Suizo Pardo (SP) requirieron 0.5 servicios menos para concebir

¹⁷⁵ Campo experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
*pina.benjamin@inifap.gob.mx.





($P < 0.05$) que las vacas con $\geq 75\%$ de genes Ho y SP. Además, un mayor porcentaje ($P < 0.05$) de las vacas con $< 75\%$ de genes HO y SP quedaron gestantes al primer servicio en comparación con las vacas con $\geq 75\%$ de genes Ho y SP (64.3% vs 50.4%).

Palabras clave: edad a primer parto, tasa de gestación a primer servicio, intervalo entre partos, hembras *Bos taurus* x *Bos indicus*, doble propósito

Introducción

El doble propósito es el sistema de producción pecuario más importante en las regiones tropicales de México, utilizándose en diversos estados de nuestro país, como Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Oaxaca y Yucatán. Desde el punto de vista genético, este sistema se basa en la producción de animales cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus* para producir leche y becerros, aunque los profesionistas, técnicos y ganaderos reconocen que la leche es el principal objetivo de producción. Por lo tanto, las razas Holstein y Suizo Pardo son las que se usan predominantemente en los cruzamientos, debido a su sobresaliente capacidad lechera en relación con otras razas como Simmental, Jersey y Ayrshire (Espinosa *et al.*, 2000; Magaña *et al.*, 2005). Por su parte, las razas *Bos indicus* como Indubrasil, Nelore y Brahman, proporcionan a los animales cruzados resistencia a las condiciones ambientales de los trópicos, como alta temperatura y humedad. La caracterización de los bovinos de doble propósito en el trópico mexicano ha arrojado resultados diversos, lo cual se puede deber a los diferentes tipos de trópico existentes (trópico húmedo, trópico seco, trópico subhúmedo, subtrópico) o a diferencias en el microclima de las localidades ubicadas en una misma región. Por ejemplo, en un estudio realizado en el municipio de Centro, Tabasco, se encontró que vacas con 100% de genes *Bos indicus* tuvieron un mejor comportamiento reproductivo (días a primer servicio, días abiertos, intervalo entre partos) que vacas $\frac{1}{2}$ *Bos taurus* x $\frac{1}{2}$ *Bos indicus* y $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* x $\frac{1}{4}$ *Bos indicus* (López *et al.*, 2010). Este resultado puede parecer ilógico, ya que la máxima expresión de la heterosis se presenta en animales F1. Por el contrario, en otro estudio realizado en Teapa, Tabasco, se encontró que vacas con 0 a 25%, 37.5 a 50% y 62.5 a 75%





de genes Holstein, tuvieron un comportamiento reproductivo (intervalo entre partos) similar (Arce *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del porcentaje de genes *Bos taurus* sobre el comportamiento reproductivo de hembras cruzadas HOXBR y SPXBR de varias proporciones raciales de un hato experimental de doble propósito en condiciones de trópico subhúmedo en el estado de Veracruz.

Materiales y métodos

Localización

El estudio se realizó del 2010 al 2018 en el campo experimental La Posta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el km 22.5 de la carretera federal Veracruz-Córdoba, en Paso del Toro, Medellín, Veracruz. México., a los 19°00'49" latitud Norte y a los 96°10' longitud Oeste, a una altura de 12 metros sobre el nivel del mar; el clima es subhúmedo (Aw1), con una temperatura máxima de 35.3 °C, media de 25 °C, mínima de 15 °C, precipitación anual de 1641 mm y humedad relativa de 74.4% (Vidal, 2005). Los suelos predominantes son del tipo vertisol, con pH ácido de alrededor de 5.4, con textura de migajón arcillo-arenosa y con un contenido de materia orgánica, alrededor del 2.6 %.

Animales

Se analizaron los registros reproductivos de hembras cruzadas SPXBR (N=37) y HOXBR (N=62) de diferentes genotipos. Las SPXBR fueron hijas de 16 sementales y 27 vacas, mientras que las HOXBR fueron hijas de 20 sementales y 55 vacas. Las hembras se aparearon por medio de inseminación artificial, principalmente, aunque hubo algunos apareamientos por monta natural. En el Cuadro 1 se muestra el número de hembras evaluadas por genotipo. El porcentaje de genes *Bos taurus* en las cruzas SPXBR varió de 34.4% a 75.0%, mientras que en las cruzas HOXBR varió de 37.5% a 79.7%. Debido a que algunos genotipos estaban representados por un número muy pequeño de hembras, las hembras se agruparon en dos categorías: 1) hembras con menos de 75% de genes *Bos taurus*, y 2) hembras con 75% o más de genes *Bos taurus*.





Cuadro 1. Hembras Suizo Pardo-Brahman y Holstein- Brahman evaluadas por genótipo.

Descripción	n	Descripción	n
11/32 Suizo Pardo x 21/32 Brahman	2	3/8 Holstein x 5/8 Brahman	3
1/2 Suizo Pardo x 1/2 Brahman	1	5/8 Holstein x 3/8 Brahman	16
5/8 Suizo Pardo x 3/8 Brahman	5	21/32 Holstein x 11/32 Brahman	1
11/16 Suizo Pardo x 5/16 Brahman	7	11/16 Holstein x 5/16 Brahman	8
23/32 Suizo Pardo x 9/32 Brahman	3	23/32 Holstein x 9/32 Brahman	1
3/4 Suizo Pardo x 1/4 Brahman	19	3/4 Holstein x 1/4 Brahman	28
		49/64 Holstein x 15/64 Brahman	1
		25/32 Holstein x 7/32 Brahman	3
		51/64 Holstein x 13/64 Brahman	1
Total=	37	Total=	62

Manejo de vacas secas y vaquillas de inicio de manejo reproductivo al parto

Las vacas secas y vaquillas con un peso de 340 kg en adelante, se manejaron en pastoreo rotacional de pasto Tanzania (*Megathyrsus maximus*), Señal (*Urochloa decumbens*), Pangola (*Digitaria decumbes*) y Mombaza (*Megathyrsus maximus*). Se ofrecieron sales minerales y agua a libertad todo el año, además, en época de secas se proporcionó ensilaje de sorgo *ad libitum*. A las vacas secas se desparasitaron internamente antes del parto y se les dieron baños garrapaticidas cada 21 días. La vacunación contra derriengue fue en agosto. A las vaquillas, se realizó desparasitación interna cada seis meses, vacunación contra clostridiasis en marzo y septiembre, y contra derriengue en agosto. El manejo reproductivo consistió en la inseminación artificial de las vacas que tuvieran más de 90 días postparto, que hubieran presentado involución uterina adecuada y estuvieran sanas de su tracto reproductor, diagnosticado por palpación rectal cada 4 meses. Durante el manejo reproductivo de las vacas al secado se diagnosticó la gestación por palpación rectal. En las vaquillas que hubieran llegado a los 340 kg de peso vivo, sin problemas en su aparato reproductor fueron incluidas en el lote de las vacas secas e inseminadas al estro, el cual se detectaba dos veces al día (mañana y tarde).





Manejo de vacas en producción

Las vacas en producción se manejaron en pastoreo rotacional de zacate Tanzania (*Megathyrus maximus*), Señal (*Urochloa decumbens*), Pangola (*Digitaria decumbes*) y Mombaza (*Megathyrus maximus*). El ordeño se hizo en forma mecánica dos veces al día (de 6 a 8 am y de 4 a 6 pm). La complementación alimenticia durante la ordeña consistió en 1 kg de concentrado por cada 3 kg de producción de leche, a partir de 4 litros provenientes solo del pastoreo. Este concentrado contenía el 18% de PC y 2.75 Mcal de energía metabolizable por cada kilogramo de concentrado, también se proporcionaron sales minerales y agua a libertad. El control sanitario consistió en vacunación contra derriengue en agosto y baños garrapaticidas periódicos.

Variables

La edad a primer parto (EPP) se calculó restando a la fecha de primer parto la fecha de nacimiento. Los días parto a primer servicio (DPPS) se calcularon restando a la fecha del primer servicio después del parto, la fecha de parto. La duración de la gestación (DG) se calculó restando a la fecha de parto, la del servicio. Los días abiertos (DA) se calcularon restando a la fecha de servicio que gestó a la vaca, la fecha del parto. El intervalo entre partos (IEP) se calculó restando a la fecha de parto presente, la fecha del parto anterior. La tasa de gestación a primer servicio (TGPS) se definió como una variable binaria; cuando la hembra quedó gestante al primer servicio, después del parto, la tasa de gestación a primer servicio se codificó como 1; cuando la hembra no quedó gestante como 0.

Análisis estadísticos

Los análisis de EPP, DPPS, DG, DA e IEP se realizaron de manera separada para cruza SPXBR y HOXBR. Los análisis de número de servicios por concepción (NSPC) y TGPS se realizaron agrupando las cruza HOXBR y SPXBR, debido a la falta de convergencia en los análisis de estas dos últimas variables al evaluar las cruza HOXBR y SPXBR de manera independiente. La EPP se analizó con el procedimiento de modelos lineales generalizados (PROC GLM) del paquete SAS (SAS, 2011), con un modelo que incluyó el porcentaje de genes de raza europea (<75%, ≥75%), el año de parto (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018) y la época de parto (seca, lluviosa). La época seca estuvo definida por los





meses de octubre a mayo, mientras que la época lluviosa estuvo definida por los meses de junio a septiembre. Los DPPS, la DG, los DA y el IEP se analizaron con el procedimiento de modelos mixtos (PROC MIXED) del paquete SAS (SAS, 2011), con un modelo de mediciones repetidas. En la evaluación de las cruzas SPXBR, el modelo incluyó el porcentaje de genes de raza europea, el año de parto, la época de parto y la edad de la vaca al parto (en días) como efectos fijos, y vaca anidada en genotipo (excepto para IEP) como efecto aleatorio, asumiendo una estructura de covarianzas auto-regresiva de primer orden [AR(1)]. En la evaluación de las cruzas HOXBR, el modelo incluyó el porcentaje de genes de raza europea, el año de parto, la época de parto y la edad de la vaca al parto (en días), excepto para DG, en cuyo caso, el modelo también incluyó vaca anidada en genotipo como efecto aleatorio, asumiendo una estructura de covarianzas AR(1). Para ninguna de las variables mencionadas anteriormente el efecto aleatorio del semental anidado en genotipo fue significativo en análisis preliminares. En NSPC y TGPS se analizaron con el procedimiento GENMOD (PROC GENMOD) del mismo paquete estadístico, con un modelo de mediciones repetidas que incluyó el porcentaje de genes de raza europea, el año de parto, la época de parto y la edad de la vaca al parto (en días) como covariable, asumiendo también una estructura de covarianzas auto-regresiva de primer orden. Para NSPC, además, se asumió una distribución Poisson, por ser ésta una variable de tipo conteo, y para TGPS se asumió una distribución binomial y se utilizó una función liga logit como subrutina del procedimiento GENMOD. El criterio de convergencia fue 0.00000001 en todos los análisis.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se presentan las estadísticas descriptivas de las variables reproductivas analizadas por tipo de cruzamiento. Todos los registros reproductivos fueron incluidos en la evaluación sin importar su magnitud, con el fin de permitir que las vacas manifestaran su capacidad reproductiva bajo las condiciones en que se realizó el estudio.





Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de características reproductivas de vacas de doble propósito.

Tipo de cruzamiento/Variable	N	Media	DE	Min	Max
Cruzas Suizo Pardo X Brahman (SPXBR)					
Edad a primer parto, años	42	3.3	0.57	2.3	4.9
Días parto a primer servicio	75	146.1	83.5	26.0	479.0
Duración de la gestación, días	93	286.5	5.3	270.0	296.0
Días abiertos	69	182.1	93.7	29.0	479.0
Intervalo entre partos, días	83	485.7	102.4	315.0	866.0
Cruzas Holstein X Brahman (HOXBR)					
Edad a primer parto, años	60	3.4	0.6	2.2	4.9
Días a primer servicio	128	123.3	75.9	17.0	474.0
Duración de la gestación, días	158	281.4	5.3	270.0	295.0
Días abiertos	115	181.9	122.6	22.0	624.0
Intervalo entre partos, días	133	476.0	126.1	303.0	896.0
Cruzas SPXBR y HOXBR					
Servicios por concepción, N°	187	2.1	1.5	1.0	8.0
Tasa de gestación a primer servicio	259	0.6	0.5	0.0	1.0

N= número de observaciones, DE= desviación estándar, Min= valor mínimo, Max= valor máximo.

El porcentaje de genes SP no afectó ($P > 0.05$) EPP, DPPS, DG, DA e IEP en la evaluación de las cruzas SPXBR. Por el contrario, el porcentaje de genes HO afectó ($P < 0.05$) EPP e IEP en la evaluación de las cruzas HOXBR; además, el porcentaje de genes HO y SP afectó ($P < 0.05$) NSPC y TGPS en la evaluación conjunta de las cruzas HOXBR y SPXBR (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores de significancia del efecto porcentaje de genes *Bos taurus* obtenidos en los análisis de características reproductivas de hembras de doble propósito.

	Característica ^a						
	EPP	DPPS	SPC	TGPS	DG	DA	IEP
Cruzas SPXBR ¹	0.7075	0.9753	-	-	0.8142	0.7226	0.5791
Cruzas HOXBR ²	0.0089	0.5082	-	-	0.2180	0.1352	0.0392
Ambas cruzas	-	-	0.0333	0.0292	-	-	-

^aEPP= Edad a primer parto. DPPS= Días parto a primer servicio. SPC= Servicios por concepción. TGPS= Tasa de gestación a primer servicio. DG= Duración de la gestación. DA= Días abiertos. IEP= Intervalo entre partos.¹ SPXBR=Suizo PardoXBrahman. ² HolsteinXBrahman.





La EPP de las vacas cruzadas con menos de 75% de genes HO fue 0.3 años menor ($P < 0.05$) que la de vacas cruzadas con 75% o más de genes HO (Cuadro 4). Similarmente, Vite-Cristóbal *et al.* (2007) reportaron que vacas F1 Suizo Pardo x Cebú (SPXC) tuvieron su primer parto a menor edad que vacas $\frac{3}{4}$ SP X $\frac{1}{4}$ C; sin embargo, la diferencia encontrada por estos autores fue de 3.9 meses. El IEP de las vacas cruzadas con menos de 75% de genes HO fue 40.6 días menor ($P < 0.05$) que el de las vacas cruzadas con 75% o más de genes HO (Cuadro 4). Las vacas con 75% o más de genes HO tuvieron un mayor IEP debido al efecto acumulado de los DPPS (150.2), DG (281.9) y DA (238.8). Vite *et al.* (2015), por el contrario, reportaron que el IEP de vacas con 75% de genes *Bos taurus* (HO o SP) fue similar al de vacas con 50% de genes *Bos taurus* (HO o SP) en la huasteca veracruzana. En el estado de Yucatán, Teyer *et al.* (2003) encontraron que vacas F1 y $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* x $\frac{1}{4}$ *Bos indicus* tuvieron IEP similares.

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para edad a primer parto (EPP; años), días a primer servicio (DPS), duración de la gestación (DG; días), días abiertos (DA) e intervalo entre partos (IEP; días) de hembras de doble propósito.

Genotipo ^z	Característica				
	EPP	DPS	DG	DA	IEP
SPXBR					
≥75%	3.4 ± 0.13 ^a	155.5 ± 20.6 ^a	286.0 ± 1.2 ^a	167.5 ± 24.4 ^a	470.3 ± 22.3 ^a
<75%	3.4 ± 0.11 ^a	156.4 ± 21.4 ^a	286.3 ± 1.1 ^a	177.8 ± 24.3 ^a	484.4 ± 21.0 ^a
HOXBR					
≥75%	3.5 ± 0.09 ^a	150.2 ± 13.5 ^a	281.8 ± 0.9 ^a	238.8 ± 22.9 ^a	535.9 ± 19.8 ^a
<75%	3.2 ± 0.10 ^b	140.8 ± 14.7 ^a	280.5 ± 1.0 ^a	206.0 ± 26.2 ^a	495.3 ± 22.1 ^b

Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes ($P < 0.05$).

^zSPXBR= cruza Suizo PardoXBrahman, HOXBR= cruza HolsteinXBrahman, ≥75%= hembras con 75% o más de genes de raza europea, <75%= hembras con menos de 75% de genes de raza europea.

Las vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* con menos de 75% de genes de raza europea (HO o SP) requirieron 0.5 servicios menos para concebir ($P < 0.05$) que las vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* con 75% o más de genes de raza europea (HO o SP) (Cuadro 5). Además, un mayor porcentaje ($P < 0.05$) de las hembras *Bos taurus* x *Bos indicus* con menos de 75% de genes HO o SP quedaron gestantes al primer servicio en comparación con las hembras *Bos taurus* x *Bos indicus* con 75% o más de genes HO o SP, 64.0% vs 51.3% (Cuadro 5). La





superioridad de las vacas con menos de 75% de genes de raza europea se pudo deber a que éstas tuvieron una mejor condición corporal al parto.

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para servicios por concepción (SPC) y tasa de gestación a primer servicio (TG1) de hembras Suizo Pardo-Cebú y Holstein-Cebú de doble propósito.

Genotipo de la hembra ^z	Característica	
	SPC	TG1 (%)
≥75%	2.3 ± 0.17 ^a	50.4 ± 0.06 ^a
<75%	1.8 ± 0.15 ^b	64.3 ± 0.06 ^b

Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes ($P < 0.05$). ^z≥75%= hembras con 75% o más de genes de raza europea, <75%= hembras con menos de 75% de genes de raza europea.

Conclusiones

1.- El porcentaje de genes *Bos taurus* no influyó sobre la reproducción de hembras cruzadas Suizo Pardo X Brahman; sin embargo, las hembras Holstein X Brahman con menos de 75% de genes *Bos taurus* parieron a menor edad y tuvieron intervalos entre partos más cortos que las hembras Holstein X Brahman con 75% o más de genes *Bos taurus*. 2.- Las hembras *Bos taurus* x *Bos indicus* con menos de 75% de genes Holstein y Suizo Pardo requirieron menos servicios por concepción y un mayor porcentaje concibió al primer servicio que las hembras *Bos taurus* x *Bos indicus* con 75% o más de genes Holstein y Suizo Pardo.

Literatura citada

- Arce, R. C., I. E. M. Aranda, A. M. M. Osorio, G. R. González, R. P. Díaz y C. J. A. Hinojosa. 2017. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 8(1):83-91.
- Espinosa, J., Matus, J., Martínez, MA., Santiago, M., Román, H., y Lauro Bucio. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia.* 34: 651-661.





- Magaña, J.C., Ríos, G., y Martínez, J.C. 2005. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. XIX Reunión ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal AMPA-Tampico, Tamaulipas. México. pp.105-114.
- López, O. R., H. M. Díaz, M. J. G. García, D. R. Núñez, O. R. López y H. P. A. Martínez. 2010. Eventos reproductivos de vacas con diferente porcentaje de genes *Bos taurus* en el trópico mexicano. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 1(4):325-336.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT R 9.3 User's guide. Cary, NC. SAS Institute Inc.
- Teyer, R., J.G. Magaña, J. Santos y C. Aguilar. 2003. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de tres grupos genéticos en un hato de doble propósito en el sureste de México. Rev. Cub. Cienc. Agric. 37(4):363-370.
- Vidal, Z.R. 2005. Región 7 Golfo de México. Las regiones climáticas de México. Instituto de Geografía UNAM, México. pp.121-144.
- Vite, C., R. Purroy, J. Vilaboa y V. Severino. 2015. Factores genéticos y no genéticos que afectan los índices productivos y reproductivos de vacas de doble propósito en la huasteca veracruzana. Zootecnia Trop. 33(4):337-349.
- Vite-Cristobal, C., R. López-Ordaz, J. G. García-Muñiz, R. Ramírez-Valverde, A. Ruíz-Flores y R. López-Ordaz. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. Vet. Méx. 38(1):63-79.





PRODUCTIVIDAD DE CERDOS EN CRECIMIENTO CONSUMIENDO DIETAS CON NIVELES CRECIENTES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

Beatriz Herrera González¹⁷⁶, Pedro Cisneros Saguilán^{176*}, Dilan E. Lorenzo Gómez¹⁷⁶,
Herminio Aniano Aguirre¹⁷⁶

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar dietas a base de alimento comercial, con inclusión creciente de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM), sobre el comportamiento productivo: consumo total de las dietas (CTD), ganancia total de peso (GTP) y conversión alimenticia (CA) de cerdos en las etapas de crecimiento y desarrollo, así como la relación beneficio-coste de las dietas (RBC). Los tratamientos fueron los siguientes: un testigo (T0: 100% alimento balanceado comercial de la línea Api-Aba Premium), los otros tres con diferentes porcentajes de inclusión de FVHM (15, 30 y 45%). La metodología utilizada fue experimental, se empleó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Para la comparación entre medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad ($P \leq 0.05$) y los análisis estadísticos fueron realizados en el programa SAS. El consumo de alimento diario y total presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$), siendo T0 y T1 (100%, y 85% alimento balanceado respectivamente) en los que en ambos se registró mayor consumo, con 1.22 kg/animal/día y 110.40 y 110.23 kg/animal, respectivamente. En la variable ganancia de peso GP diaria y total si hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) donde se registró a T0 (0.37 y 31.54 kg/animal, respectivamente) y T3 (0.51 y 42.67 kg/animal, respectivamente). La conversión alimenticia (CA) presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) en donde la mejor CA la presentó T3 (2.52 kg) y la menor T0 y T1 (3.51 y 3.40 kg, respectivamente). La mejor RBC (1.78) se presentó en T3 con 45% de inclusión de FVHM. Se concluye que el suministro de FVHM en la dieta de cerdos en crecimiento y desarrollo incide positivamente en el incremento de peso, además impacta en la rentabilidad conforme se aumenta el nivel de FVHM.

¹⁷⁶ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Pinotepa. Departamento de Ciencias Agropecuarias. * pedro_cs@itp.edu.mx.





Palabras clave: Alimento alternativo, ganancia de peso, conversión alimenticia, costo de producción

Introducción

La producción de carne porcina guarda gran relevancia dentro de la ganadería mexicana, al representar aproximadamente una cuarta parte de la carne que se produce en el país y ubicarse como una de las más demandadas en el medio rural, en donde la producción de traspatio se ha mantenido como fuente de abastecimiento de carne para esas zonas (Torres-Novoa and Hurtado-Nery, 2007).

En México existen cerca de un millón de unidades de producción porcina, con una piara de más de 16.2 millones de cabezas y alrededor de dos millones de familias dependen de ésta actividad económica, la cual genera 350 mil empleos directos y más de 1.7 millones de indirectos. Otro dato interesante es que la producción de carne de cerdo participa con el 14% del valor de la producción pecuaria nacional, después de la carne de pollo (26%), carne de bovino (22.9%), leche de bovino (18.8%) y huevo (15.5%). El estado de Oaxaca, tiene una participación a nivel nacional del 4.0% del total con 639 mil cabezas de ganado; el principal producto destacado es la carne en canal de porcino la cual representa el 18.1% (28,511 toneladas) del valor total de la entidad lo cual genera 1,060 millones de pesos.

A pesar de su importancia, uno de los retos que enfrenta la producción porcina son los altos costos de alimentación que pueden representar hasta el 70% del costo total de producción, lo cual genera bajas ganancias en la economía de los porcinocultores (Torres-Novoa and Hurtado-Nery, 2007). Debido a esta situación resulta interesante buscar estrategias para disminuir costos en la alimentación sin dejar de lado el objetivo de obtener carne de buena calidad.

Dentro de las alternativas viables que pudieran mejorar la producción porcina y reducir los costos de producción, se encuentran el uso de forrajes de especies arbóreas o forrajes verdes germinados incluidos en una dieta base convencional (Osorto *et al.*, 2007; Romero, 2009). El FVH ofrece una serie de ventajas, como la producción forrajera durante todo el año, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, es un cultivo con el cual se ahorra agua, además





aporta complejos vitamínicos necesarios al ganado, no ocasionan trastornos digestivos y exhiben una rápida recuperación de la inversión. Una de las plantas más utilizadas con fines forrajeros ha sido el maíz (*Zea mays* L.) por su elevado valor nutritivo y altos rendimientos (García-Carrillo *et al.*, 2013); el FVH suministrado a diferentes animales, representa una dieta completa que incluye carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas, cuando es suministrada en su totalidad (Naik *et al.*, 2012; García-Carrillo *et al.*, 2013).

En este contexto, el FVHM se ha evaluado en la suplementación de especies rumiantes (Valdez *et al.*, 2009; García-Carrillo *et al.*, 2013; Naik *et al.*, 2017); sin embargo, poco se ha evaluado el impacto productivo y económico en especies monogástricas como el cerdo y en la región Costa de Oaxaca, se hace necesario documentar experiencias que contribuyan a comprobar los beneficios de este alimento alternativo. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar dietas a base de alimento comercial, con inclusión creciente de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM), sobre el comportamiento productivo (consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia) de cerdos en las etapas de crecimiento y desarrollo, así como su relación beneficio-costeo.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante el periodo de agosto a diciembre del 2017 en las instalaciones de la Unidad Experimental “San José Estancia Grande del Departamento de Ciencias Agropecuarias del Instituto Tecnológico de Pinotepa, ubicado en el km. 26.5 de la Carretera Pinotepa Nacional, Oaxaca – Acapulco, Guerrero (16° 22´ LN y 98° 13´ LO), en el municipio de San José Estancia Grande, Oaxaca. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura y precipitación media anual de 26.9°C y 800 mm, a una altitud de 70 m (INEGI, 2014).

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 16 cerdos destetados de la raza Landrace con un peso inicial promedio de 8.5 kg, mismos que fueron desparasitados interna y externamente previo al inicio del experimento. Se sometieron a un periodo de adaptación durante 10 días en corraletas individuales con la alimentación propuesta de forraje verde hidropónico de maíz (FVHM). Las dietas tuvieron como base alimento balanceado comercial





de la línea Api-Aba Premium, siguiendo el plan de alimentación de la etapa crecimiento-engorda.

Las dietas evaluadas fueron las siguientes: T0 (Testigo): 100% alimento balanceado comercial; T1: 85% alimento balanceado comercial + 15% FVHM; T2: 70% alimento balanceado comercial + 30% FVHM; y T3: 55% alimento balanceado comercial + 45% FVHM y estos tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. El alimento y el FVHM se proporcionaron en los respectivos comederos de forma restringida, es decir, no se les llenó el comedero si no que se ofreció diariamente la cantidad requerida. Si para el día siguiente quedó alimento, se pesó este desecho y se dio alimento fresco, de tal manera que se pudiera determinar el consumo real promedio de alimento por día/semana/mes.

Las variables evaluadas fueron consumo total de las dietas (CTD), expresado en kilogramos, calculado al restar al alimento ofrecido el rechazo del mismo día. La ganancia total de peso (GTP) se obtuvo por diferencia entre el peso final e inicial. La conversión alimenticia (CA) se obtuvo al dividir el consumo total, entre el incremento de peso vivo de cada animal. La relación beneficio costo (RBC) se obtuvo dividiendo los ingresos por venta de la GTP en el mercado local, entre los costos del alimento consumido durante el ciclo productivo. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, con el procedimiento GLM del programa SAS (1997). Las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Consumo total de las dietas

El consumo total de las dietas (CTD) registró diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre T0 (110.40 kg) y T3 (107.51 kg). Sin embargo, T0 y T1 fueron similares ($P > 0.05$). Esto indica que hasta un nivel de sustitución de 15% del alimento balanceado por FVHM, el CTD no se afectó significativamente (Cuadro 1). Mientras que al incrementar la inclusión de FVHM al 30% y al 45% se observó una reducción del consumo de dietas respecto a T0. Los resultados encontrados coinciden con la investigación realizada por Cunuhay (2013), quien





reportó que el consumo promedio total de las dietas registró diferencias estadísticas significativas, reportando el mayor consumo para T4 al 100% de alimento balanceado comercial (131.34 kg), siendo el consumo promedio de 2.34 kg/animal/día y de menor consumo fue T3 al 45% de FVHM (96.24 kg), registrando el consumo de 1.72 kg/animal/día.

Ganancia de peso

La ganancia total de peso (GTP) presentó diferencia estadística significativa ($P>0.05$) en los tratamientos evaluados (Cuadro 1 y Figura 1), siendo la mayor ganancia de peso en T2 y T3 cuyo valor fue 36.81 kg y 42.67 kg respectivamente y la menor ganancia la presentó T0 con valor de 31.54 kg. Por otra parte Cunuhay (2013) indicó resultados opuestos a la presente investigación en su tesis realizada, donde concluyó que el mayor incremento de peso total lo obtuvo T4 100% balanceado comercial, alcanzando una ganancia de peso final de 46.40 kg, y de menor incremento de peso final fue T3 al 45% de FVHM con 36.30 kg.

Conversión alimenticia

Respecto a la conversión alimenticia (CA) de acuerdo a los tratamientos evaluados (Cuadro 1), se encontró diferencia significativa ($P>0.05$); donde la mejor CA la presentó T3 (2.52 kg), siguiéndole T2 (2.95 kg) y la menor CA la presentó T0 (3.51 kg) y T1 (3.40 kg). Los resultados mencionados de esta investigación coinciden con la realizada por Cunuhay (2013), identificando la mejor conversión alimenticia en T3 al 45% de FVH con 2.67 registrado del promedio total del ensayo.

Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costos (RBC) mejoró conforme se incrementó el porcentaje de inclusión de FVHM en las dietas (Cuadro 1). Este comportamiento se atribuye al bajo costo de producción de FVHM debido a que se utilizaron semillas locales y a su alto rendimiento, puesto que 600 g de maíz producen 3.5 kg de FVHM; por tanto, a mayor nivel de sustitución la RBC mejoró sustancialmente. Estos resultados son similares a los obtenidos por quien detectó que con la alimentación de FVHM se reducen evidentemente los costos de producción en la alimentación de cerdos; registrando de mayor rentabilidad por tratamiento T3 al 45% de FVHM y de menor rentabilidad por tratamiento fue T0 al 100% alimento



balanceado demostrando que el suministro de FVHM en la dieta favorece el incremento de peso y además incide positivamente en la rentabilidad. De la misma manera Romero (2009) concluyó que la dieta que mejor R B/C tuvo fue T3 cuyo contenido fue 40% de FVHM; en ambas investigaciones concluyeron que el tratamiento con mayor contenido de FVHM evaluado fue el que presentó la mejor relación beneficio/ costo.

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de FVHM en dietas de alimentación del ganado porcino.

Tratamiento	Consumo total de las dietas (kg)	Ganancia total de peso (kg)	Conversión alimenticia (kg)	Relación beneficio-costos
T0	110.40 ^a	31.54 ^c	3.51 ^c	0.83 ^d
T1	110.23 ^a	32.42 ^b	3.40 ^c	0.97 ^c
T2	108.45 ^b	36.81 ^a	2.95 ^a	1.28 ^b
T3	107.51 ^b	42.67 ^a	2.52 ^b	1.78 ^a
Promedio	109.15	35.86	3.09	1.21

* Medias de los tratamientos con la misma literal no son diferentes ($p > 0.05$).

En la Figura 1 se muestra el comportamiento en la ganancia de peso total de los cerdos alimentados con dietas a base de alimento comercial y diferentes porcentajes de inclusión de FVHM. Es notorio el mejor desempeño en la ganancia de peso total de los cerdos bajo los tratamientos 2 y 3, que incluyen mayor porcentaje de FVHM (30 y 45% de la dieta respectivamente).

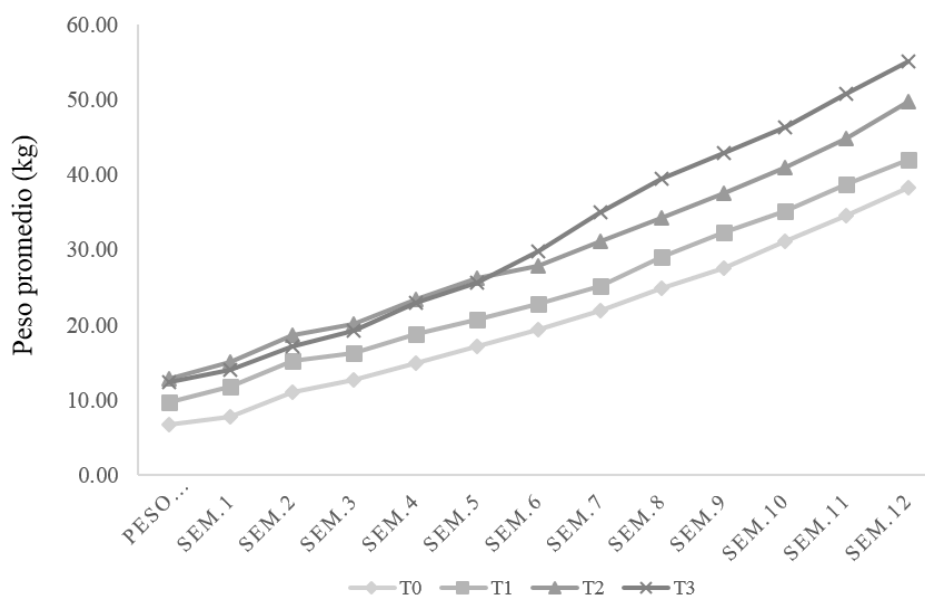


Figura 1. Desempeño productivo en la ganancia de peso durante el experimento.



Conclusiones

1.- La inclusión de forraje verde hidropónico de maíz en dietas de alimentación de cerdos de engorda en este estudio, demostró resultados significativos; puesto que, al ir aumentando el porcentaje de FVHM en los tratamientos evaluados se vio reflejado en la reducción de consumo de estas, incrementando la ganancia de peso diaria y total, mejorando a su vez, la conversión alimenticia y la relación beneficio costo en los tratamientos cuyo contenido de FVHM fue mayor. 2.- Se recomienda incluir FVHM en las dietas alimenticias de cerdos de engorda ya que contiene los nutrientes necesarios para su buen desarrollo y alta producción.

Literatura citada

- Cunuhay 2013. Niveles de forraje verde hidropónico de maíz en la dieta alimenticia en engorde de cerdos mestizos en el cantón la Maná. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi.
- García-Carrillo M., L. Salas-Pérez, J.R. Esparza-Rivera, P. Preciado-Rangel and J. Romero-Paredes 2013. Producción y calidad fisicoquímica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 24:169-176.
- INEGI 2014. Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2013. In Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2013, 1254. Aguascalientes, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).
- Naik, Dhawaskar, Fatarpekar, Karunakaran, Dhuri, Swain *et al.* 2017. Effect of feeding hydroponics maize fodder on digestibility of nutrients and milk production in lactating cows. *Indian Journal of Animal Sciences* 87: 452-455.
- Naik, Dhuri, Swain and Singh 2012. Nutrient changes with the growth of hydroponics fodder maize. *Indian Journal of Animal Nutrition* 29: 161-163.
- Osorto, Lara, Magaña, Sierra and Sanginés 2007. Morera (*Morus alba*) fresca o en forma de harina en la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41.





Romero 2009. Evaluación de dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por forraje hidropónico de maíz para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Torres-Novoa and Hurtado-Nery 2007. Análisis de parámetros de desempeño zootécnico en la fase de cría en una porcícola comercial del departamento del Meta. Orinoquia 11: 59-65.

Valdez, Duarte and Gallardo 2009. Producción de forraje verde hidropónico y su aceptación en ganado lechero. Acta Universitaria 19: 11-19.





EVALUACION ECONÓMICA Y ENERGÉTICA DE CUATRO RANCHOS GANADEROS CON LECHERIA TROPICAL EN LA COSTA OAXAQUEÑA

Ángel de Jesús Bautista Valente¹⁷⁷, Pedro Cisneros Saguilán^{177*}, Iván Gazga Rojas¹⁷⁷, Julemmy Rodríguez Arreortua¹⁷⁷

Resumen

La ganadería es una actividad importante para la base alimentaria de la sociedad, sin embargo, recientemente se le ha criticado por contribuir al deterioro de los recursos naturales y contaminación ambiental. Algunos factores importantes en la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas son la rentabilidad económica, el balance energético y la calidad de suelos como precedente a su potencial productivo. El objetivo de esta investigación fue realizar un análisis económico, energético y de calidad de suelos de cuatro ranchos ganaderos con lechería tropical en la Costa de Oaxaca. Para esto, se seleccionaron cuatro ranchos con lechería tropical de estratos pequeño, mediano, grande y muy grande, ubicados en la región costa del estado de Oaxaca. Para coleccionar la información se realizó una encuesta a los productores, se obtuvieron registros diariamente en cuanto a producción de leche y de insumos que ingresaban al sistema, así como también recorridos de campo y muestreo del suelo. Para el análisis de la información se empleó el software Microsoft Excel para la interpretación de los datos. Como resultados se obtuvieron que los ranchos son rentables económicamente (1.08, 1.54, 1.82 y 1.04). En cuanto a eficiencia y productividad energética se consideran ligeramente buenos. Por lo que respecta a la calidad del suelo se obtiene que presentan un regular potencial para el uso en su explotación y aprovechamiento.

Palabras clave: agroecosistemas, rentabilidad económica, eficiencia energética, sustentabilidad

¹⁷⁷Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Pinotepa. Departamento de Ciencias Agropecuarias. *pedro_cs@itp.edu.mx.





Introducción

El agroecosistema está conceptualizado como un ecosistema modificado a través de las acciones del hombre, en el cual interactúan componentes ecológicos, tecnológicos y socioeconómicos, con el propósito de obtener un bien o un servicio; y es considerado un modelo conceptual para estudiar la complejidad de la agricultura (Vilaboa, 2013; Gallardo-López *et al.*, 2018). Un paradigma o enfoque que actualmente se emplea en el diseño, manejo y evaluación de un agroecosistema, es el de sustentabilidad, que tiene entre sus metas principales, mantener productivos los recursos naturales en el largo plazo (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2015).

Por otra parte, se considera al sistema ganadero como parte del agroecosistema, siendo ésta actividad económica actualmente considerado como una de los principales causantes del deterioro ambiental global, debido a la cantidad de insumos externos empleados, en el cual el productor como ente controlador determina el tipo y la cantidad de entradas al sistema (Cisneros *et al.*, 2011; Vilaboa, 2013).

Diversos estudios y análisis han documentado la baja productividad de la ganadería bovina en el trópico, atribuida a factores limitantes como el manejo inadecuado del rancho, problemas sanitarios y de alimentación del ganado, así también su calidad genética (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009; Chalate-Molina *et al.*, 2010; Flores, 2010). Además, estos sistemas de producción se caracterizan por utilizar tecnologías que demandan alta dependencia de insumos externos y se consideran poco sostenibles y cada vez más costosas (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2015; González-Rebeles *et al.*, 2017). Esta dependencia hace que el productor, las regiones y todo el país sean vulnerables a la oferta de insumos, fluctuaciones de mercado e incremento de los precios (Vilaboa *et al.*, 2009; Flores, 2010).

Debido a lo anterior, se considera que las actividades agropecuarias en general contribuyen a las emisiones globales de gases con efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O). Por ejemplo, la fermentación entérica en los rumiantes y la descomposición de sus desechos emiten CH_4 a la atmósfera, así también algunos desechos agrícolas y los cultivos de inundación (Herrero *et al.*, 2013).

Se reporta también que la aplicación de fertilizantes químicos, el mal manejo del estiércol, orina del ganado y la combustión de desechos y biomasa durante los procesos de





deforestación emiten CO₂ y N₂O (Alayon-Gamboa *et al.*, 2016). Otros efectos negativos de la ganadería sobre el medio ambiente son la compactación de los suelos debido entre otras causas al sobrepastoreo de los potreros (González-Rebeles *et al.*, 2017).

La problemática global anteriormente expuesta no es ajena al contexto de la ganadería bovina en pastoreo típica de la región Costa de Oaxaca, dado que diversos estudios han documentado información que caracteriza a estos agroecosistemas con baja productividad y rentabilidad, además de hacer un uso ineficiente e irracional de sus recursos naturales (Flores, 2010; Cisneros, 2015; Cisneros-Saguilán *et al.*, 2016). Por tanto, resulta interesante determinar en una muestra de ranchos con diferente capacidad productiva (productores pequeños, medianos y grandes), su rentabilidad económica en la producción de leche, su eficiencia y productividad energéticas.

Materiales y métodos

Selección y descripción del área de estudio

El estudio se realizó en cuatro ranchos ganaderos con producción de lechería tropical, representativos de cuatro categorías típicas de productores de la región Costa de Oaxaca (pequeño, mediano, grande y muy grande), de acuerdo a una tipología de productores generada por Cisneros-Saguilán *et al.* (2016). Estos ranchos seleccionados y evaluados están afiliados y en el contexto jurisdiccional de la Unión Ganadera Regional de la Costa de Oaxaca (“El Chamuscadero”, “La Aurora”, “Los Bulitos” y “San Felipe”) (Figura 1). El clima predominante de la región es cálido subhúmedo y el viento es de sur a oeste, la temperatura media anual es de 26.2°C y una precipitación pluvial de 1,237.5 milímetros (INEGI, 2014). El periodo de estudio fue de julio-diciembre de 2016.

Caracterización de los agroecosistemas evaluados

Para obtener la información de las unidades de producción, se realizaron entrevistas a los propietarios y sus trabajadores permanentes, acerca de las características de manejo general, así también la observación participante en actividades cotidianas y algunas





determinaciones de campo (producción de biomasa y composición botánica de los potreros y uso actual del suelo).

Determinación de la rentabilidad económica de los agroecosistemas

La rentabilidad económica de los agroecosistemas ganaderos se evaluó a través de los siguientes indicadores, de acuerdo con Koppel *et al.* (1999) y Rucoba *et al.* (2006):

- Costo unitario de leche (CUL)
- Utilidad o pérdida neta (UoPN)
- Relación beneficio costo (RBC)

El CUL se determinó identificando los principales insumos utilizados para la producción de leche, tales como alimentación, mano de obra, construcciones, equipo (con o sin motor), complementos alimenticios, medicamentos, combustible, servicios básicos, terreno (renta) y gastos varios. Se estimó mensualmente el costo total de insumos y los ingresos totales por concepto de la venta de leche, a través del uso de registros y entrevista tanto al productor y colaboradores y se utilizó la siguiente fórmula:

$$CP = \frac{CTM}{PTM}$$

Dónde:

CP = Costo de producción

CTM = Costos totales mensuales

PTM = Producción total mensual (kg)

La UoPN se determinó considerando los ingresos mensuales por la venta de leche y los costos totales en la producción de leche, empleando la fórmula: $UoPN = (ITM - CTM)$. La RBC se determinó considerando los CTM en la producción de leche y los ingresos totales por venta de ésta, empleando la siguiente fórmula:

$$RBC = \frac{ITM}{CTM}$$

Donde:

RBC = Relación beneficio costo.

ITM = Ingreso total mensual.

CTM = Costo total mensual.





Para determinar los ITM, se consideró la producción de leche y el ingreso por su venta durante un mes; para medir la producción de leche (kg) se utilizó una báscula de resorte con capacidad de 50 kg, registrándose la producción en la ordeña diaria durante un mes en cada rancho.

Análisis de la productividad y eficiencia energéticas

Para determinar la eficiencia en el uso de la energía, se empleó el método de “análisis de procesos”, el cual considera las entradas de energía (directa e indirecta) en un rancho, basado en los flujos de materiales físicos. El método consideró los límites del sistema en espacio y tiempo para evaluar el uso de la energía propiamente dentro del rancho y deja fuera la requerida para empaque, manejo, almacén y transporte de los productos al traspasar los límites del sistema (Meul *et al.*, 2007). Para obtener el ingreso de la energía (IE), se multiplicó la cantidad de cada insumo empleado en una hectárea durante un mes, por su correspondiente valor energético. Como salidas de energía (EE), se consideraron la producción mensual de leche/ha de cada sistema, la cual se multiplicó por su valor energético. Para evaluar el uso de la energía, se empleó como indicador la eficiencia energética (EfE), derivado de la relación entre los egresos e ingresos de energía al sistema. Así también, se calculó la relación entre la cantidad de producto lograda y el ingreso de energía (Productividad energética, PE). Los ingresos y egresos, se expresaron en MJ/ha/mensual (Meul *et al.*, 2007; Denoia *et al.*, 2008).

Resultados y discusión

Características de los agroecosistemas evaluados

La mayoría de estos ranchos, presentan parte de su terreno una topografía plana, a excepción de uno que su topografía es lomerío (Rancho “San Felipe”). Se observó marcada diferencia en la edad de los productores, con un promedio de 48.5 años, así también en la escolaridad con un promedio de 13 años y 17.5 años de experiencia en la ganadería. Datos similares encontró Flores (2010) en una muestra de estudio de la región Costa de Oaxaca (n=108): 51.3 años de edad, 24.5 años de experiencia ganadera y 6.5 años de escolaridad.





Está documentado que el grado de escolaridad es un factor clave en los procesos de adopción de tecnología (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2012), por lo que los productores tienden a tener más conocimiento y más habilidades para el desarrollo de las mismas.

Productividad de los agroecosistemas evaluados

Respecto al nivel productivo de los ranchos evaluados, se observó que los mayores indicadores los tiene el rancho “Los Bulitos”, con el menor número de vacas en producción (14) y una producción anual por hectárea de 5076.81 kg de leche, con una superficie aprovechada inferior a los demás ranchos (4 ha). El rancho “San Felipe” es el que tiene menor productividad en cuanto a producción de leche (1732.75 kg) y un menor rendimiento en cuanto a la eficiencia de sus potreros, tanto en materia verde como en materia seca (kg/ha). Estos promedios y variaciones de producción y comercialización son similares a los reportados por Flores (2010), quien analizó esta información con mayor profundidad en dos comunidades ganaderas importantes de la región Costa de Oaxaca (El Ciruelo y San Miguel Tlacamama).

Rentabilidad económica de los agroecosistemas

En el Cuadro 1, se observa que el costo unitario de leche en el rancho “San Felipe” es el más elevado (\$ 6.69), seguido del rancho “El Chamuscadero” (\$4.64); ya que en el rubro de alimentación presenta el mayor costo de producción en cuanto a la suplementación de alimento comercial y pollinaza. Los ranchos “La Aurora” y “El Bulito” con un CUL igual a \$3.24 y \$3.94 respectivamente, presentan los costos más bajos y su RBC es positiva con un valor de 1.54 y 1.82. Estos resultados son diferentes a los encontrados en un Sistema de Producción Bovino Doble Propósito de la región Costa del Estado de Oaxaca (CUL = \$5.09 y RBC = 0.72) utilizando la misma metodología propuesta por Koppel *et al.* (1999), quien atribuyó a estos resultados el alto uso de medicamentos y concentrado para suplementar al ganado. En este sentido se encontró lo señalado por Espinoza-Ortega *et al.* (2005), quienes reportaron para el caso de la economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México, que los concentrados representan el gasto más significativo, por lo que los productores con menor dependencia en este rubro son los que tienen el menor costo





por litro de leche producido, no obstante el volumen de leche es substancial en los ingresos obtenidos.

Cuadro 1. Indicadores económicos de los ranchos evaluados.

Rancho	Costo unitario de leche (\$/kg)	Costo unitario de pieza de queso (\$)	Utilidad o pérdida neta (\$)	RBC
El Chamuscadero	4.64	--	1,872.47	1.08
La Aurora	3.24	--	11,699.99	1.54
El Bulito *	3.94	13.77	6,396.29	1.82
San Felipe **	6.69	58.05	705.83	1.04

* Pieza de queso de 320 g en promedio.

** Pieza de queso de 960 g en promedio.

Eficiencia y productividad energética de los agroecosistemas

En el Cuadro 2 se presentan los insumos y productos considerados en el balance energético, así también los coeficientes de conversión (valor energético) utilizados para la determinación de los indicadores eficiencia y productividad energética. Se resumen los resultados por concepto de IE, EE, EfE y PE (Cuadro 3) en los ranchos evaluados con los resultados de los indicadores del uso de la energía, se observa que el rancho “La Aurora” es más eficiente que los otros ranchos, esto por tener el mayor número de cabezas de ganado (56) y hectáreas aprovechadas por su unidad de producción (22), sin embargo, el rancho “El Bulito” presenta el valor mayor de IE (2057.09), ya que presenta la menor cantidad utilizada de insumos en cuanto a mano de obra, combustible y medicamentos y su EE con un valor de 1,235.36 kg de leche/ha (4) mensual. En cuanto a productividad energética producida el rancho “San Felipe” es el que presenta el valor menor registrado, pero es mayor a la reportada por Denoia *et al.*, (2008) de 0.59 y 0.80 kg leche/100 Mj para dos sistemas de producción de leche en Argentina; y menor que los demás ranchos comparado con lo que reportan Meul *et al.*, (2007) de 2.29 y 2.87 kg leche/100 Mj para dos grupos de granjas lecheras especializadas de Europa.





Cuadro 2. Insumos, productos y coeficientes de energía utilizados.

Concepto	Unidad (U)	Factor de conversión (MJ/U)	Rancho "El Chamuscadero"		Rancho "La Aurora"		Rancho "El Bulito"		Rancho "San Felipe"	
			Cantidad	Energía Mensual (MJ)	Cantidad	Energía Mensual (MJ)	Cantidad	Energía Mensual (MJ)	Cantidad	Energía Mensual (MJ)
Pasto	kg	16.00	12972.24	204951.65	18197.63	287508.89	5120.75	80903.99	5114.18	80800.29
Concentrado	kg	16.00	--	--	--	--	--	--	1,120.00	18,289.60
Pollinaza	kg	10.17	--	--	--	--	--	--	1000.00	10166.67
Mano de obra	h	2.00	972.00	1822.50	1,208.00	2265.00	336.00	630.00	1,228.00	2302.50
Tractor 75 HP	h	69.60	28.00	1948.72	42.00	2923.08	--	--	--	--
Vehículo (Camioneta)	h	29.80	28.00	834.36	14.00	417.18	14.00	417.18	56.00	1668.73
Diésel	L	47.70	84.00	4006.62	126.00	6009.94	--	--	--	--
Gasolina	L	4.73	112.00	529.73	28.00	132.43	11.67	55.20	13.19	62.37
Electricidad	kw	14.40	1,413.00	20347.20	--	--	--	--	942.00	13564.80
Garrapaticida	L	364.00	1.00	364.00	1.00	364.00	0.50	182.00	1.25	455.00
Vitaminas	L	12.52	1.00	12.52	0.10	1.25	--	--	--	--
Leche	kg	2.92	5220.38	15243.52	6662.48	19454.43	1692.27	4941.43	1949.34	5692.07
TOTAL				234817.30		299621.77		82188.37		127309.95





Cuadro 3. Concentrado de la eficiencia energética de los ranchos.

Indicadores	Rancho "El Chamuscadero"	Rancho "La Aurora"	Rancho "Los Bulitos"	Rancho "San Felipe"
Ingreso de energía (IE) (MJ/ha/mes)	14676.08	3735.83	20547.09	7072.78
Egreso de energía (EE) (MJ/ha/mes)	952.72	884.29	1235.36	316.23
Eficiencia energética (EfE)	0.06	0.24	0.06	0.04
Productividad energética (PE) (kg/leche/100 MJ)	2.22	2.22	2.06	1.53

Conclusiones

1.- Los ranchos evaluados son rentables económicamente resaltando aquellos que utilizan instalaciones rusticas, menor cantidad de mano de obra y de insumos que ingresan al sistema (alimentación, medicamentos, combustible). 2.- Se logra apreciar las diferencias en cuanto al número de cabezas de ganado presente en los ranchos y su calidad genética de producción, así como las hectáreas de terreno aprovechadas. La mayoría de los agroecosistemas se consideran eficientes en el uso de la energía por la cantidad de insumos empleados como combustible y alimento comercial.

Literatura citada

- Alayon-Gamboa, Jiménez-Ferrer, Nahed-Toral and Villanueva-López 2016. Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del Sur de México. *Agroproductividad* 9:10-15.
- Cisneros-Saguilán, Gallardo-López, López-Ortiz, Ruiz-Rosado, Herrera-Haro and Hernández-Castro 2016. Cumplimiento de la norma para ganadería sostenible en diversos ranchos de la costa de Oaxaca. p. 765-790. *In Innovando el Agro Veracruzano 2016 - Frente a los retos de la relación Sociedad-Naturaleza*, ed. F. Gallardo-López, Veracruz, México: Colegio de Postgraduados.





- Cisneros-Saguilán, Gallardo-López, López-Ortiz, Ruiz, Herrera-Haro and Hernández-Castro 2015. Current Epistemological Perceptions of Sustainability and Its Application in the Study and Practice of Cattle Production: A Review. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 39: 885-906. doi: 10.1080/21683565.2015.1050148
- Cisneros-Saguilán, Martínez Dávila and Castro 2012. Modelo de transferencia de tecnología ganadera sostenible para el estado de Oaxaca. *Revista Digital Alternativa* 9:3-12.
- Cisneros 2015. Percepción, actitud y comportamiento de productores ganaderos y otros actores sociales hacia la sustentabilidad de la ganadería bovina. Tesis Doctoral. Postgrado en Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados.
- Cisneros, Cruz, Medinilla, Cruz, Ruiz and Pérez 2011. Análisis económico, energético y edáfico comparativo de dos agroecosistemas con bovinos de lechería tropical. In *Agricultura Sostenible Vol. 7*, eds. J. C. E. Aguilar, J. F. Bahena, M. A. Pérez, G. R. Jarquín, S. J. A. Paredes, L. C. Posadas and J. M. A. Rivas. San Luis Potosí, S.L.P.: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Chalate-Molina, Gallardo-López, Pérez-Hernández, Paul Lang-Ovalle, Ortega-Jiménez and Vilaboa Arroniz 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia tropical* 28:329-339.
- Denoia, Bonel, Montico and Di Leo 2008. Análisis de la gestión energética en sistemas de producción ganaderos. *Ciencias Agrarias* 7:43-56.
- Espinoza-Ortega, Álvarez-Macías, Del Valle and Chauvete 2005. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México* 43:39-56.
- Flores 2010. Análisis de la cadena productiva de la ganadería bovina de doble propósito en la Costa Oaxaqueña. Tesis de doctorado. Postgrado en socioeconomía, estadística e informática, Colegio de Postgraduados.
- Gallardo-López, Hernández-Chontal, Cisneros-Saguilán and Linares-Gabriel 2018. Development of the Concept of Agroecology in Europe: A Review. *Sustainability*. 10:1210.





- González-Rebeles, Fuentes and Galindo Maldonado 2017. Recursos naturales y uso de las tierras ganaderas en el trópico. p. 38-47. *In* Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical, ed. P. P. González, Ciudad de México, México: REDGATRO CONACYT.
- Herrero, Havlík, Valin, Notenbaert, Rufino, Thornton et al. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 20888-20893. doi: 10.1073/pnas.1308149110
- INEGI 2014. Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2013. *In* Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2013, 1254. Aguascalientes, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México).
- Koppel, Ortiz, Ávila, Lagunes, Castañeda, López et al. 1999. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico. Veracruz, Veracruz, México: Litográfica Alfa y Omega, S.A. de C.V.
- Meul, Nevens, Reheul and Hofman 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 135-144. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.07.002>
- Rucoba, Anchondo, Luján and Olivas 2006. Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región Centro-Sur de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios* 10: 1-10.
- Vilaboa-Arroniz, Díaz-Rivera, Ruiz-Rosado, Platas-Rosado, González-Muñoz and Juárez-Lagunes 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:53-62.
- Vilaboa 2013. La ganadería doble propósito desde una visión agroecosistémica. *Agroproductividad* 6: 9-15.
- Vilaboa, Díaz, Platas, Ruiz, González and Juárez 2009. Estructura de comercialización de bovinos destinados al abasto de carne en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Economía, Sociedad y Territorio* 9:831-854.





EPIDEMIOLOGÍA DE LA TOXOPLASMOSIS OVINA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Rafael Suazo Cortez¹⁷⁸, David I. Martínez Herrera^{178*}, Violeta T. Pardío Sedas¹⁷⁸, Carlos Cruz-Vázquez¹⁷⁹, Francisco Morales Álvarez¹⁸⁰, Gabriela Sánchez Viveros¹⁸¹, María E. Galindo Tovar¹⁸², Joaquín A. Rincón Ramírez¹⁸³

Resumen

La toxoplasmosis causada por *Toxoplasma gondii* es una zoonosis de importancia para la salud pública, debido a que se puede adquirir, por el consumo de carne ovina con deficiente cocción contaminada por quistes del parásito. Por ello, el objetivo fue identificar posibles factores de riesgo y distribución espacial de la toxoplasmosis ovina en tres regiones del estado de Veracruz. El estudio fue polietápico y estratificado, se seleccionaron al azar 55 unidades de producción (UP) por conglomerados con el uso de las tablas Canon & Roe. El tamaño de muestra se calculó con el programa Win Episcopo Ver. 2.0. Se seleccionaron, hembras desde los tres meses y los sementales. El diagnóstico se realizó con un kit de ELISA indirecto. Para identificar asociación entre variables se utilizó Razón de Momios (RM) y regresión logística. En el desarrollo de mapas para distribución espacial, se usó el programa QGIS Ver. 2.14. La prevalencia encontrada fue de 35.9% (149/414) (IC_{95%}: 31.4-40.8). Se identificó como factor de riesgo altitud 0-1000 msnm (RM=1.64; IC_{95%}=1.06-2.52; $P=0.03$), precipitación promedio anual 1001-2800 mm (RM=2.37; IC_{95%}=1.32-4.23; $P=<0.01$), temperatura promedio anual 21-30°C (RM=1.64; IC_{95%}=1.06- 2.52; $P= 0.03$). De acuerdo, a la distribución de las UP, 52 (94.5%) presentaron animales positivos. Asimismo, se indica que la toxoplasmosis es alta en los 13 municipios, debido a que todos resultaron con animales positivos. Se concluye que la toxoplasmosis ovina se encuentra presente en todos los municipios de estudio, se observa una amplia distribución en las tres regiones seleccionadas, y se identificaron las condiciones ambientales como factores de riesgo.

¹⁷⁸Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. *dmartinez@uv.mx

¹⁷⁹Instituto Tecnológico El Llano.

¹⁸⁰Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

¹⁸¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana.

¹⁸²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana.

¹⁸³Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.





Palabras clave: Factores de riesgo, distribución espacial, toxoplasmosis, ovinos, epidemiología

Introducción

La producción ovina en México se considera una actividad pecuaria competitiva y rentable, y Veracruz destaca como el tercer lugar en población con 666,815 ovinos y una producción de 9,000 t de carne (Pérez *et al.*, 2011; SIAP, 2016). Sin embargo, los ovinos son afectados por enfermedades como la toxoplasmosis, que es causada por el parásito protozoario *T. gondii* y afecta a otros mamíferos domésticos y salvajes, aves y humanos (Buxton *et al.*, 2007; Dubey, 2009). No obstante, la infección puede estar latente en músculo y otros órganos como quiste tisular (estadio del ciclo biológico), durante toda la vida del animal (Dubey, 2004). Por ello, la ingestión de carne ovina contaminada cruda o semi-cocida representa un riesgo para la salud pública, porque es un modo de transmisión del protozoario (Tenter *et al.*, 2009). Se estima que un tercio de la población humana está infectada por *T. gondii*, pero las prevalencias varían de 10 a 80% entre países e incluso en regiones de un mismo país. Asimismo, se ha encontrado que las prevalencias más altas se muestran en países tropicales puesto que, los factores climáticos afectan la resistencia de los ooquistes en el ambiente, los cuales son otra fase del ciclo; por lo tanto, influyen en las tasas de prevalencias en animales productores de carne (Robert-Gangneux & Dardé, 2012). En México, la toxoplasmosis está presente en poblaciones humanas y animales en diferentes regiones del país en particular las regiones tropicales, donde el parásito puede sobrevivir durante meses debido a condiciones ambientales favorables como temperatura y humedad altas. En relación a los ovinos se han identificado prevalencias superiores a 30% en regiones de Michoacán con temperatura media anual $>17.7^{\circ}\text{C}$ y precipitación media anual ≥ 600 mm. Asimismo, se ha asociado prevalencias altas (45%) en municipios con altitudes $\geq 1,560$ msnm en Oaxaca (Hernández-Cortázar *et al.*, 2015). A pesar de que se tiene poco conocimiento, de la influencia de factores ambientales y su posible efecto en la distribución espacial de la toxoplasmosis ovina en México, existen herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG) que pueden analizar estos factores relacionados con la enfermedad, con el





fin de desarrollar mapas de riesgo que puedan usarse para implementar medidas de control y prevención (Casartelli-Alves *et al.*, 2015). De acuerdo a un estudio previo en ovinos, no se encontró asociación significativa con condiciones ambientales (Condoleo *et al.*, 2016). Sin embargo, se ha identificado que, a mayor precipitación, se favorece la seropositividad de anticuerpos contra *T. gondii* en cabras (Djokić *et al.*, 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar posibles factores de riesgo asociados a la toxoplasmosis y su distribución espacial en el estado de Veracruz.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

Se realizó en el estado de Veracruz, que cuenta con clima cálido subhúmedo con temperatura promedio de 23 °C y una precipitación anual promedio de 486 mm. Se localiza entre 93°36' y 98°39' longitud este y 22°28' y 17°09' latitud norte. Se incluyeron 13 municipios distribuidos en tres regiones: Totonaca, Capital y Tuxtlas (Figura 1). En estas regiones se encuentra 23% del total de los rebaños del estado (SIPROVER, 2014).

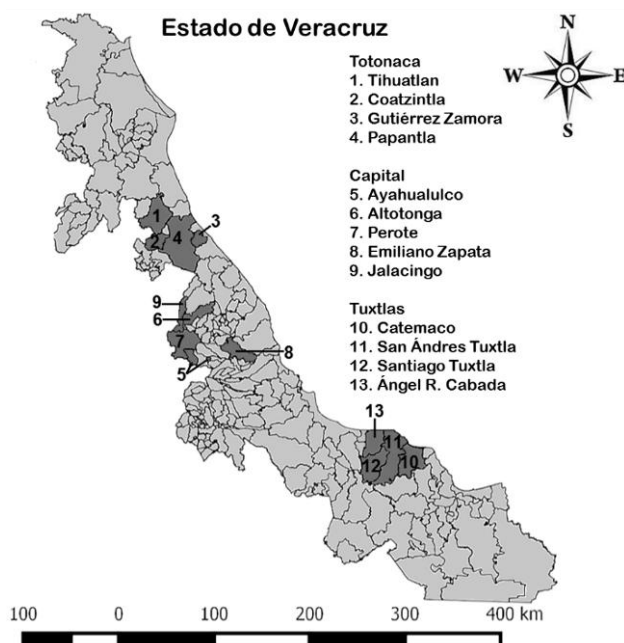


Figura 1. Localización geográfica de los municipios de estudio del estado de Veracruz.





Diseño de estudio

El tipo de estudio fue transversal polietápico y estratificado, donde el tamaño de muestra se estimó con el programa Win Episcopo Ver. 2.0 (Thrusfield *et al.*, 2001) bajo la modalidad de "estimar porcentajes", a partir de 50% de seroprevalencia, 95% de confianza y 5% de error, se obtuvo una muestra mínima de 385 animales; sin embargo, se incluyeron un total de 414 muestras para prever pérdidas durante el proceso. Las unidades de producción (UP) fueron seleccionadas al azar por conglomerados con el uso de las tablas Canon & Roe (1982) y como resultado se obtuvo un mínimo de 55 UP. El muestreo fue aleatorio simple y se incluyeron las hembras a partir de tres meses de edad, carneros y prospectos a sementales. Las muestras se obtuvieron por punción de vena yugular con tubos de vacío sin anticoagulante. El análisis de las muestras se realizó con la prueba de ELISA indirecta y para ello se empleó un kit comercial del laboratorio IDEXX (Toxotest Ab®), que cuenta con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 99.8%.

Análisis espacial

Para la localización y distribución geográfica de cada UP se utilizó un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) marca Garmin®, con un margen de error de ± 3 m, donde se tomaron en unidades del sistema coordenadas universal transversal de mercator (UTM). Se construyeron dos mapas, uno coroplético y otro puntual, por medio del sistema de información geográfico (SIG) QGIS Ver. 2.14.

Análisis estadístico

Se realizó análisis univariado para encontrar la asociación de las diferentes variables categóricas independientes con la seropositividad ante toxoplasmosis ovina, por medio de razón de momios (RM) y la significancia de las diferencias por Chi-cuadrada. Aquellas que obtuvieron un estimador e intervalos de confianza ≥ 1 y fueran significativos ($P < 0.05$), se incluyeron en un análisis de regresión logística multivariado mediante el programa estadístico MINITAB Ver. 14, para estimar las interacciones entre variables independientes y dependientes.





Resultados y discusión

La prevalencia general encontrada fue de 35.9% (IC_{95%}:25.2-45.3), y en relación a la prevalencia por región, los Tuxtlas presentaron la tasa más alta con (41.4%; IC_{95%}: 22.3-56.8) seguida por la Totonaca (35.2%; IC_{95%}: 24.3-47.9) y la de Capital (31.7 %; IC_{95%}: 25.2-38.9). El municipio con la prevalencia más alta fue para Coatzintla con 85.7% (IC_{95%}: 42.0-99.2) y la más baja fue para Perote con 10.5% (IC_{95%}: 3.4-25.7). De acuerdo, con los municipios de estudio se realizó una caracterización de las condiciones ambientales que cuenta cada uno, para agrupar en categorías los animales muestreados e identificar posibles factores asociados al ambiente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prevalencia de toxoplasmosis ovina en las regiones y los municipios de estudio, así como la caracterización de condiciones ambientales con las que cuenta cada municipio.

Región	Municipio	Metros sobre el nivel del mar (msnm)	Precipitación Promedio anual (mm)	Temperatura Promedio anual (°C)	No. Total	Prevalencia	
						No. Positivos	%
Totonaca	Coatzintla	70	1108	24.4	7	6	85.7
	Gutiérrez Zamora	40	1579.8	25.5	13	4	30.7
	Papantla	180	1160	20.8	32	9	28.1
	Tihuatlán	120	1076.2	22	16	5	31.2
	Subtotal				68	24	35.2
Capital	Altotonga	1870	1428	13.9	37	15	40.5
	Ayahualulco	2060	463	10	41	13	31.7
	Emiliano Zapata	940	2779.1	25.2	37	16	43.2
	Jalacingo	1860	2029.5	13.9	36	12	33.3
	Perote	2400	493.6	12	38	4	10.5
	Subtotal				189	60	31.7
Tuxtlas	Ángel R. Cabada	20	1935.3	25.3	44	20	45.4
	Catemaco	380	1900	23	38	8	21.0
	San Andrés Tuxtla	280	1800	23.8	35	18	51.4
	Santiago Tuxtla	210	2314	24.3	40	19	47.5
	Subtotal				157	65	41.4
Total					414	149	35.9





De acuerdo a la altitud basado en los metros sobre el nivel del mar (msnm) se encontró una diferencia significativa con los animales localizados a altitud 0-1,000 msnm (RM=1.64, IC_{95%}: 1.06-2.52, P: 0.030). En cuanto a los ovinos ubicados en municipios con precipitación pluvial superior a 1,000 mm presentaron una asociación significativa (RM=1.37, IC_{95%}: 1.32-4.23, P: 0.004) en comparación con aquellos municipios con inferior precipitación. Debido a la asociación de factores de riesgo se realizó la regresión logística para conocer la interacción de todas las variables estudiadas; sin embargo, no se identificó ninguna interacción entre ellas ($P \geq 0.05$) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis univariado de condiciones ambientales como posibles factores de riesgo asociados a la toxoplasmosis ovina.

Variables y categorías	No. total	Seroprevalencia		IC _{95%} ^a	OR ^b	IC _{95%} ^a	P ^c
		No.	%				
Metros sobre el nivel del mar (msnm)							
0-1000	262	105	40.0	34.1-46.3	1.64	1.06-2.52	0.030
1001-2400	152	44	28.9	22.0-36.9	0.60	0.39-0.93	
Precipitación promedio anual (mm)							
400-1000	79	17	21.5	13.3-32.4	0.42	0.23-0.75	0.004
1001-2800	335	132	39.4	34.1-44.8	2.37	1.32-4.23	
Temperatura promedio anual (°C)							
10-20	152	44	28.9	22.0-36.9	0.60	0.39-0.93	0.030
21-30	262	105	40.0	34.1-46.3	1.64	1.06-2.52	

a Intervalo de Confianza 95%. b Razón de Momios. c Asociación significativa $P \leq 0.05$.

En Oaxaca se identificó una diferencia significativa ($P < 0.05$) de las seroprevalencias entre municipios situados a diferentes altitudes donde las altitudes superiores a 1,280 msnm presentaron tasas más altas, contrario a lo encontrado en este estudio; sin embargo, el rango de temperatura promedio fue de 22 a 28°C, por lo que fue poco variable entre altitudes (Alvarado-Esquivel *et al.*, 2013a). En otro estudio llevado a cabo en Michoacán, se encontró una diferencia significativa ($P > 0.05$) en las seroprevalencias de municipios con precipitación



superior a 1,500 mm, que es similar a lo identificado en el estudio, pero no se observó si existían diferencias en relación a la altitud (Alvarado-Esquivel *et al.*, 2013b). De acuerdo con la distribución de la toxoplasmosis ovina se observa una amplia distribución debido a que en los 13 municipios se encontraron animales positivos. Por lo tanto, se encuentra presente en las tres regiones. Sin embargo, en los municipios de Perote y Ayahualulco se identificaron UP que no presentaron animales positivos. Por ello, se encontró que 94.5% (52 UP) presentaron al menos un animal positivo (Figura 2).

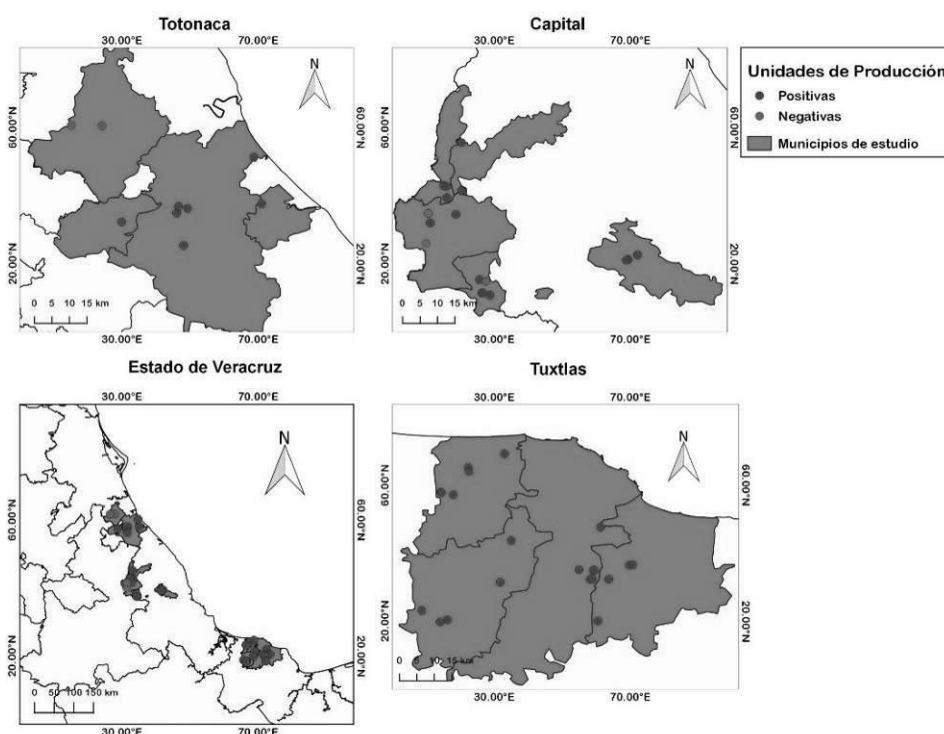


Figura 2. Distribución espacial de toxoplasmosis ovina en las unidades de producción estudiadas, localizadas en municipios de la región Totonaca, Capital y Tuxtlas del estado de Veracruz.

En relación a la distribución de la prevalencia en los municipios, se identifica que en cada región se encontró al menos un municipio con prevalencia inferior a 30%; estos son representados por Papantla (28.1%) región Totonaca, Perote (10.5%) región Capital y Catemaco (21.0%) región Tuxtlas (Figura 3).

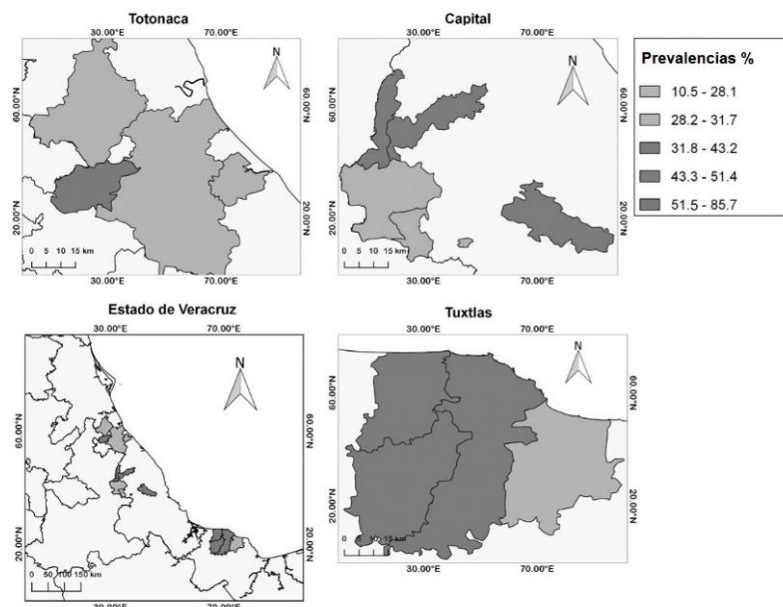


Figura 3. Distribución espacial de la prevalencia de toxoplasmosis ovina en municipios estudiados de tres regiones del estado de Veracruz.

Sin embargo, la región de Tuxtias presenta el mayor número de municipios con prevalencias superiores a 40%, representados; cabe destacar que los municipios de la misma región presentan las temperaturas promedio anual y precipitaciones promedio anual más altas. Asimismo, se identifica como una región con dominio de condiciones tropicales porque cuenta con clima más cálido y húmedo en comparación con las otras dos regiones que se localizan más hacia el norte del estado. La distribución es similar a otros estados del país que cuentan con condiciones tropicales como Michoacán y Oaxaca, que pueden favorecer la supervivencia de *T. gondii* en los ambientes (Djokić *et al.*, 2014; Hernández-Cortázar *et al.*, 2015); por tanto, aumenta el riesgo de contagio tanto en ovinos como en otras especies domésticas.

La asociación de toxoplasmosis ovina con factores ambientales, muestra la capacidad de sobrevivencia del parásito en regiones tropicales, debido a que gran parte de las regiones del estado de Veracruz cuenta con climas cálidos. Se ha identificado que los ooquistes pueden permanecer viables en zonas o regiones que cuenten con temperaturas superiores a 20 °C, precipitaciones continuas o de tipo monzón y humedad alta; sin embargo, no se ha encontrado si existe una relación con la altitud (Robert y Darde, 2012).



Conclusiones

1. La toxoplasmosis ovina se encuentra presente en todos los municipios de estudio. 2. Presenta una amplia distribución en las regiones Totonaca, Capital y Tuxtlas. 3. Se identificaron las condiciones ambientales como factores de riesgo.

Literatura citada

- Alvarado-Esquivel, C., M. A. Estrada-Malacón, S. O. Reyes-Hernández, J. A. Pérez-Ramírez, J. I. Trujillo-López, I. Villena and J. P. Dubey. 2013a. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in Domestic Sheep in Oaxaca State, Mexico. *J Parasitol* 99:151-152.
- Alvarado-Esquivel, C., D. Silva-Aguilar, I. Villena, and J. P. Dubey. 2013b. Seroprevalence and correlates of *Toxoplasma gondii* infection in domestic sheep in Michoacán State, Mexico. *Prev Vet Med* 112:433.
- Buxton, D., S. W. Maley, S. E. Wright, S. Rodger, P. Bartley and E. A. Innes. 2007. *Toxoplasma gondii* and ovine toxoplasmosis: New aspects of an old story. *Vet Parasitol* 149:25-29.
- Cannon, R. M. and R. T. Roe. 1982. *Livestock disease surveys: a field manual for veterinarians*. Australia Bureau of Animal Health. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Casartelli-Alves, L., M. R. R. Amendoeira, V. C. Boechat, L. C. Ferreira, J. C. A. Carreira, J. L. Nicolau, T. M. P. Schubach and R. C. Menezes. 2015. Mapping of the environmental contamination of *Toxoplasma gondii* by georeferencing isolates from chickens in an endemic area in Southeast Rio de Janeiro State, Brazil. *Geospat Health* 10:311.
- Condoleo, R., V. Musella, M. P. Maurelli, A. Bosco, G. Cringoli and L. Rinaldi. 2016. Mapping, cluster detection and evaluation of risk factors of ovine toxoplasmosis in Southern Italy. *Geospat Health* 11:432.
- Djokić, V., I. Klun, V. Musella, L. Rinaldi, G. Cringoli, S. Sotiraki and O. Djurković-Djaković. 2014. Spatial epidemiology of *Toxoplasma gondii* infection in goats in Serbia. *Geospat Health* 8:479-488.
- Dubey, J. P. 2004. Toxoplasmosis: a waterborne zoonosis. *Vet Parasitol* 126:57-72.





- Dubey, J. P. 2009. Review: Toxoplasmosis in sheep - The last 20 years. *Vet Parasitol* 163: 1-14.
- Hernández-Cortázar, I., K. Y. Acosta-Viana, A. Ortega-Pacheco, E. S. Guzmán-Marín, A. J. Aguilar-Caballero and M. Jiménez-Coello. 2015. REVIEW Toxoplasmosis in México: Epidemiological situation in humans and animals. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*, 57(2): 93-103.
- Pérez, H. P., A. J. Vilaboa, M. H. Chalate, M. B. Candelaria, R. P. Díaz and O. S. López. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Rev Cient-Fac Cien V*, 21(4): 327–334.
- Robert-Gangneux, F. and M. L. Dardé. 2012. Epidemiology of and diagnostic strategies for toxoplasmosis. *Clin Microbiol Rev*, 25: 264-95.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Ovino: Población Ganadera 2005-2014. <http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/ovino.pdf>. [consultado el 27 de junio de 2018].
- SIPROVER (Sistema Producto Ovino Veracruzano). 2014 Situación Actual de la Ovinocultura en México. <http://www.siprover.com.mx/informacion.html> [consultado el 27 de junio de 2018].
- Tenter, A. M. 2009. *Toxoplasma gondii* in animals used for human consumption. *Memo Inst Oswaldo Cruz* 104(2): 364-369.
- Thrusfield, M., C. Ortega, I. de Blas, J. P. Noordhuizen and K. Frankena. 2001. Win Episcopo 2.0: Improved epidemiological Software for veterinary medicine. *Vet. Rec.* 148:567-572.





RESPUESTA PRODUCTIVA EN OVINOS ALIMENTADOS CON NIVELES CRECIENTES MORERA (*Morus alba*)

David Pacheco Martínez^{184*}, Alejandro Otlica Rosario¹⁸⁴, Efraín Castañeda Hernández¹⁸⁴, Moisés Ramón Cárdenas Alonso¹⁸⁴, David Jazmín Marín¹⁸⁴ y Pedro Enrique Lara y Lara¹⁸⁵

Resumen

La alimentación de ovinos basada en monocultivos de pastoreo, impide obtener consumos y ganancias diarias de peso satisfactorias. Al mismo tiempo, la oferta de granos destinados a la alimentación animal ha disminuido entre otras causas debido a que la demanda de granos para la alimentación humana muestra un aumento continuo por el crecimiento constante de la población. Con el objetivo de evaluar el efecto de niveles crecientes de inclusión de morera (*Morus alba*) en dietas basales sobre la respuesta productiva de ovinos de pelo se determinó el consumo voluntario y ganancia diaria de peso. Se utilizaron 20 corderos de pelo F1 (Dorper x Pelibuey y Katahdin x Pelibuey) con peso inicial de 20 ± 5.2 kg, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar en cinco tratamientos, con diferentes niveles de morera fresca picada. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: T1: pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) ad libitum más 0.6 kg de alimento balanceado, T2: 75% de Taiwán y 25% de morera, T3: 50% de Taiwán y 50% de morera, T4: 25% de Taiwán y 75% de morera, y T5: 100% de morera. El consumo de la materia seca se incrementó ($P < 0.05$) al aumentar la cantidad de morera en la dieta. Los animales que recibieron el tratamiento testigo (T1) tuvieron una ganancia diaria de peso similar al grupo con 25% de morera con 133a, 141a g/d y ambos fueron diferentes ($P < 0.05$) a las dietas con 50, 75 y 100% de morera con 174.5b, 176b y 194b g/d, respectivamente. El forraje de morera constituido por hojas y tallos tiernos mostró potencial como suplemento proteico debido a su contenido de PC y FDN siendo de 22.1 y 39.3 respectivamente. La morera puede ser utilizada en forma fresca y picada, parcial o totalmente en dietas en la alimentación de ovinos de engorda. Al incluir la morera en niveles de 100% se obtiene el mejor consumo de materia seca total y la mayor

¹⁸⁴ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán. *Autor responsable. dpacheco@tecserdan.edu.mx.

¹⁸⁵ Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán.





ganancia diaria de peso, sin embargo, sería conveniente proporcionar suficiente energía para lograr una mayor eficiencia productiva.

Palabras claves: Consumo voluntario, ganancia diaria de peso, materia seca

Introducción

La ganadería ovina en México está sustentada principalmente en el pastoreo extensivo (Martínez *et al.*, 2010), sistema de producción en el cual el desarrollo de los pastos durante el periodo de lluvias provoca su rápida lignificación, ocasionando reducción en el valor nutricional (García *et al.*, 2006), disminución en el consumo y en las ganancias diarias de peso, presentándose la necesidad de utilizar algún suplemento de tipo proteico. En este sentido, el follaje de las arbustivas forrajeras como suplemento proteico pueden contribuir a mejorar la calidad de la dieta de los rumiantes y satisfacer su demanda alimenticia, debido a sus considerables niveles de proteína que oscilan entre 15 y 20% y aceptable valor nutritivo (García y Medina, 2006). Las especies forrajeras utilizadas en la alimentación de rumiantes es muy amplia, entre las cuales se encuentra la morera (*Morus alba*), arbusto forrajero que ha mostrado vastas posibilidades de empleo en dietas para rumiantes debido a que presenta un potencial de producción de 21.93 t/ha/MS comestible y contenido de PC de 18.13% (Mata *et al.*, 2006; Jaramillo, 2006; Srivastava *et al.*, 2006). En Cuba, Soldevilla (2004) señaló que las hojas de morera pueden contener en base seca, 26% de proteína cruda y 10.0 MJ de energía metabolizable/kg, lo que constituye un excelente suplemento. Dada la importancia de esta especie forrajera en la nutrición animal; el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de morera sobre el consumo voluntario y ganancia de peso en dietas para ovinos pelibuey.





Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la posta pecuaria perteneciente al Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, ubicado a 16.3 km de la Ciudad de Mérida. Situado entre los 20° 29' latitud norte y 89° 39' longitud oeste, a una altitud de 9 m, con clima Aw0 de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificado por García (1988). Se utilizaron 20 ovinos machos F1 (Dorper x Pelibuey y Katahdin x Pelibuey) con un peso promedio de 20 ± 5.2 kg; alojando cada ovino en corrales de 1.5 x 1.0 m con comedero de plástico y bebedero metálico automático. Los animales fueron desparasitados con albendazol y recibieron una dosis de 1 mL/animal de vitamina ADE (Vigantol®, Bayer México) durante el periodo de adaptación. Se utilizó un área de corte de forrajes de 0.25 y 0.5 ha de morera y Taiwán, respectivamente; a los cuales se les aplicó riegos periódicos cada 15 días de agua residual porcina (equivalentes a 600 kg de N/ha/año) realizando cortes previos de uniformización, siendo utilizados a la edad de 70 y 28 días al rebrote para la morera y el Taiwán, respectivamente. Los forrajes se cosecharon diariamente a las 7:00 am y a las 4:00 pm, cortados con una motosierra (ms 360, Stihl, Alemania) procesándolos en una picadora eléctrica hasta obtener una partícula de 5 mm de diámetro, las dietas se prepararon manualmente para los tratamientos que incluían morera y Taiwán (T2 al T4). Todos los animales recibieron el 50% de su alimentación a las 8:00 am y el complemento de la dieta a las 4:00 pm. El tratamiento testigo recibió primeramente el alimento concentrado y a los 30 minutos posteriores el pasto Taiwán. Se realizó una etapa de adaptación de 15 días al manejo y a las dietas más 70 días de evaluación, pesando los forrajes (ofrecido y rechazado), del cual se tomaron muestras para análisis de laboratorio; se determinó proteína cruda (PC) por el método de microkjeldahl, FDN, FDA, y MS de acuerdo al manual AOAC (1990) (Cuadro 1). Los animales fueron pesados cada 14 días por la mañana antes de consumir los alimentos en una báscula digital con capacidad de 100 kg, adaptada con una jaula metálica.





Cuadro 1. Composición química (%) en BS del concentrado, morera (*Morus alba*) y Taiwán (*Pennisetum purpureum*).

Variable	Materia Seca	Proteína cruda	Fibra detergente neutra	Fibra detergente ácida
Alimento	89.00	18.42	30.23	22.11
Morera	33.51	22.11	39.32	23.45
Taiwán	27.43	9.61	61.31	40.00

Los tratamientos fueron: T1 pasto Taiwán ad libitum más 0.6 kg de alimento balanceado, T2 75% de Taiwán y 25% de morera, T3 50% de Taiwán y 50% de morera, T4 25% de Taiwán y 75% de morera, y T5 100% de morera; todos los tratamientos se realizaron considerando un consumo de MS del 6 % del peso vivo.

Las variables medidas fueron: Consumo total (kg de MS por kg PV75), consumo voluntario de Taiwán (kg de MS por kg PV75), consumo real de Morera (kg de MS por kg PV75) y ganancia de peso (g/d). Se utilizó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El modelo matemático fue el siguiente: $Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$ Donde: Y_{ij} = variable respuesta del tratamiento i , repetición j μ = media general T_i = efecto del tratamiento E_{ij} = error experimental. Se realizó el análisis de varianza de las variables evaluadas y la comparación de medias con una prueba de Tukey mediante el paquete estadístico SAS (2001).

Resultados y discusión

Consumo voluntario de materia seca

El tratamiento 5 evidenció el máximo nivel de consumo, siendo este de 4.8 kg por cada 100 kg de PV, seguido por el tratamiento 4, el cual mostró un mayor consumo (3.2 kg por cada 100 kg PV) respecto al tratamiento 2 e igualó estadísticamente al 3 (3.2 vs 3.1). En el Cuadro 2 puede observarse que se encontró efecto de los tratamientos en el consumo de MS por kg de peso metabólico ($P < 0.05$) el cual fue en aumento a medida que se incrementó la cantidad de morera en la ración, observándose un efecto sustitutivo del forraje de Taiwán por el de morera, lo cual pudo deberse a la mejor calidad nutritiva de esta, ya que contenía más del doble de proteína (22.11 vs 9.6%) y menor fibra detergente neutra (39.32 vs 61.3%), lo que





se traduce a nivel ruminal, en mayor disponibilidad de N y energía para las bacterias y por tanto, mayor consumo de forraje por unidad de peso.

Cuadro 2. Consumo de materia seca por kg de peso metabólico en tratamientos.

CV g MS kg0.75	T1	T2	T3	T4	T5
Morera	0.0	53.41	71.05	72.27	110.70
Taiwán	49.88	44.88	33.00	30.94	0.0
Concentrado	45.70	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	95.58a	98.29a	104.05b	103.21b	110.70c

T1= pasto Taiwán + 0.6 kg de alimento balanceado, T2 = 75% de Taiwán + 25% de morera, T3 = 50% de Taiwán + 50% de morera, T4 = 25% de Taiwán + 75% de morera, y T5 = 100% de morera. a, b, c = Medias en la misma hilera con distinta literal son diferentes ($p < 0.05$).

El bajo consumo encontrado en el tratamiento testigo, puede atribuirse al elevado contenido de FDN, ya que, de los componentes de esta, el mayor contenido de lignina en el pasto, es al que se le atribuye el efecto negativo más sobresaliente sobre el consumo del forraje. Esto se debe a que la lignina se incrusta entre los tejidos celulares de la planta aumentando la fracción indigerible (Van Soest, 1993); además, en el forraje lignificado cabe esperar una mayor resistencia a la masticación y degradación microbial de sus componentes, limitando la disponibilidad de nutrientes para la producción de proteína y energía en la población microbial y el animal, reflejando una depresión en el consumo voluntario. La cantidad consumida en el tratamiento dos (53.41 g MS kg 0.75) se encuentra por debajo de la cantidad reportada por Prasad et al. (1995) al alimentar cabras con follaje de Morera (61.62 g MS kg 0.75). Esta notoria diferencia se debe a que estos autores utilizaron solo las hojas como suplemento, las cuales son más digestibles que la planta completa (91.34 vs 77.20) tal como lo reportan Velázquez et al. (1992). En el tratamiento tres se obtuvo un consumo superior al reportado por Mora (2010) donde al suministrar 56% de morera en la dieta obtuvo consumo de MS del 31.3% de la ración total. Cabe resaltar que, aunque la morera presenta menores concentraciones de FDN comparada con los forrajes arbóreos comúnmente utilizados, es muy probable que al asociar la morera con el Taiwán al 50% se haya elevado la concentración de FDN en la dieta y por consiguiente haya disminuido ligeramente la digestibilidad de los nutrientes y el consumo de forraje. En el tratamiento cuatro, el aumento de la inclusión de morera en la dieta (4.5%), significó un ligero descenso en el volumen total





a consumir, toda vez que se infiere una satisfacción de los requerimientos desde el punto de vista quimiostático, con la respectiva disminución del consumo del pasto y por tanto el efecto de esta en la retención ruminal del bolo alimenticio por la proporción mas fibrosa en su composición. Por otro lado al incluir la morera al 100% (tratamiento 5) en la ración se pueden esperar dos fenómenos: el primero es que al suministrar un alimento de alta calidad nutricional, desde el punto de vista metabólico el ovino puede expresar un punto de satisfacción nutricional con solo ingerir 110.7 g por kg PV0.75/d; el segundo es que, al incluir la planta completa se está proporcionando partes leñosas en la dieta, lo cual con el consumo antes mencionado puede llegar a presentar una satisfacción física a nivel ruminal (Shimada, 1984). Asimismo, el consumo de MS de morera encontrado en este tratamiento es inferior al reportado por Prasad et al. (1995) quienes encontraron consumos de follaje de morera en ovinos de 3.5 kg por cada 100 kg de PV, y Velázquez et al. (1992) reportan consumos de MS de morera del 3.44 del peso vivo en ovinos en condiciones experimentales. Sin embargo, el consumo para este tratamiento supera a los reportados por Jegou, et al. (1994) y Maldonado (2000), donde encontraron consumos del 4.2% del peso vivo en cabras lactantes y 90.63 g por kg PV0.75 d-1 al alimentar ovinos pelibuey con follaje de morera, respectivamente. Asimismo, este resultado es inferior al reportado por Hernández (2004) quien al alimentar ovinos en crecimiento con harina de morera encontró consumos de 167 g y superiores al reportado por Mora (2010) para follaje de leguminosas que van desde 27.8 g por kg PV0.75/d de *Cajanus cajan* hasta 80 g por kg PV0.75/d de *Acacia cyanophila*.

Ganancia de peso

En el Cuadro 3 puede observarse que el tratamiento que mostró una mejor ganancia de peso fue el cinco donde se utilizó solo morera a libertad (193.7 g/d); estos resultados son superiores a los reportados por Maldonado et al. (2000) que obtuvieron 96.1, 83.3 y 25.6 g/d cuando alimentaron ovinos pelibuey con morera, *Erythrina* y *Albizia*, respectivamente. Ruiz et al. (2006) mencionaron que al utilizar el 100% de una arbustiva en la ración diaria de los animales, puede provocar un desbalance energético-proteico, sin embargo, en el presente trabajo la mejor respuesta animal se obtuvo al sustituir el pasto Taiwán por la morera. El tratamiento 2 presentó una diferencia de 8 g respecto al testigo, lo cual pone de manifiesto que la utilización de morera puede sustituir a los concentrados al mantener y mejorar la



ganancia de peso. Ríos et al. (2005) al sustituir el concentrado por morera y matarratón (*Gliricidia sepium*) en la ración de ovinos en crecimiento obtuvieron 87, 56 y 54 g/d, en animales alimentados con 2.0 kg de morera fresca picada y 185 g de concentrado, 1.5 kg de morera y 1.5 kg de matarratón o 380 g de concentrado y pasto picado a libertad, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de la inclusión de niveles crecientes de morera en la ganancia diaria de peso de ovinos de pelo.

Variable	T1	T2	T3	T4	T5
PV. Inicial	24.225	22.750	22.030	19.702	21.251
PV. Final	33.570	32.642	34.260	32.040	34.810
G.D.P. (g/a/d)	133.0a	141.0a	174.5b	176.0b	193.7b

T1= pasto Taiwán + 0.6 kg de alimento balanceado, T2 = 75% de Taiwán + 25% de morera, T3 = 50% de Taiwán + 50% de morera, T4 = 25% de Taiwán + 75% de morera, y T5 = 100% de morera. a, b, c = Medias en la misma hilera con distinta literal son diferentes ($p < 0.05$).

Los resultados encontrados en los tratamientos 3 y 4, fueron superiores a los reportados cuando se usan harinas como suplemento en la engorda de ovinos, como es el caso de Mata et al. (2006) quienes al suplementar corderos con harinas de cocuíte, morera y tulipán obtuvieron ganancias de peso de 48.1, 63.2 y 71.1%, respectivamente. También Ruiz et al. (2006) al incrementar el heno de tulipán en raciones integrales para ovinos en crecimiento a razón de 0, 40, 60 y 80% obtuvieron ganancias de peso de 40.85, 92.41, 125.89 y 113.62 g/d, respectivamente. Los tratamientos 3 y 4 no mostraron diferencias ($P < 0.05$), esto nos indica que los animales que consumen 3.1 y 3.2% del peso vivo en base seca de morera, tienen un comportamiento similar y que la diferencia de 2 g se debe al punto porcentual superior de consumo del tratamiento 4 respecto al 3. Al comparar estos tratamientos con el testigo, notamos una diferencia de 41 y 43 g, respectivamente.

Conclusiones

1.- Los resultados obtenidos permiten concluir que el forraje de morera constituido por hojas y tallos tiernos mostró potencial como suplemento proteico en ovinos de engorda, debido a su contenido de PC y FDN.





- 2.- A medida que se incrementa la cantidad de morera ofertada en la ración diaria en ovinos, se aumenta el consumo total de forraje.
- 3.- Es posible alimentar ovinos a base únicamente de morera picada, con lo cual se obtiene una mayor ganancia de peso, sin embargo, sería conveniente proporcionar suficiente energía para lograr una mayor eficiencia productiva.

Literatura citada

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 12th Ed. Association of official analytical chemists. U.S.A. p. 1018.
- García, E. 1988. Modificaciones a la clasificación climática de Köppen. UNAM. México.
- García, D. y G. Medina, (2006). Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia tropical*. 24 (3):233-250.
- García, D., Y. Noda, M. Medina, G. Martín y M. Soca. (2006). La morera: Una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Av. en Inv. Agropecuaria*. 10(1):55-72.
- Hernández, S. D. 2004. Contribución a la fermentación ruminal de la harina de cocoíte (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) o tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*) en corderos en pastoreo. p. 33-41. In: 3er Seminario de producción intensiva de ovinos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.
- Jaramillo, C. J. 2006. Evaluación nutricional y agronómica de *Morus alba* L. y *Sambucus nigra* L. y su utilización en la alimentación de rumiantes y monogástricos. *Revista de Investigación* 6(2): 189-197.
- Jegou, D., W. Jean-Jacques y G. Brunschwing. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de la morera (*Morus* sp.) y Amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes p. 155-163. In: *Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Editado por Jorge Evelio Benavides. Vol. II. CATIE. Costa Rica.





- Maldonado, M., Grande, D.; Aranda, E. y Pérez-Gil, F. 2000. Comportamiento del borrego pelibuey alimentado con follaje de tres especies arbóreas tropicales. II Reunión nacional sobre sistemas agro y silvopastoriles. Villahermosa, Tabasco, México.
- Martínez, G. S., J. Aguirre O., E. Jaramillo, L., H. Macías, C., F. Carrillo, D., M. T. Herrera, G. y E. Pérez, E. 2010. Alternativas para la producción de carne ovina en Nayarit, México. Revista Fuente. Vol. 1, No. 2:12-16.
- Mata, E. M.A., D. Hernández, S., M. A. Cobos, P., M. E. Ortega, C., G. D. Mendoza, M. y J. L. Arcos, G. 2006. Comportamiento productivo y fermentación ruminal de corderos suplementados con harina de cocoíte (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*). Revista Científica, Vol. XVI, Núm. 3. Universidad del Zulia, Venezuela. pp. 249-256.
- Mora, V. D. 2010. Consumo de Morera (*Morus alba*) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el Ganado jersey en crecimiento. Agronomía mesoamericana. 21(2): 337-341.
- Prasad, P. E., R. Reddy, M., N. Reddy, D. N. and V. N. Reddy, G. 1995. Effect of feeding mulberry (*Morus alba*) hay in the rations to pregnant ewes. Indian Journal of Animal Nutrition. 12(2): 109-111.
- Ríos, P. L., Z. Rondón, M., B. de Combellas, J. y R. Álvarez, Z. 2005. Uso de morera (*Morus sp.*) y mata ratón (*Gliricidia sepium*) como sustitutos del alimento concentrado para corderos en crecimiento. Zootecnia Tropical. Vol. 23, Núm. 1. Maracay, Venezuela.
- Ruiz, S. D. L., Lara, L. P. E., Sierra, V. A. C., Aguilar, U. E., Magaña, M. M. A. y Sanginés, G. J. R. 2006. Evaluación nutritiva y productiva de ovinos alimentados con heno de *Hibiscus rosa-sinensis*. Zootecnia Tropical. 24(4): 467-482.
- SAS Institute. 2001. User's guide: statistics, version 8 editions. SAS Institute, Inc., Cary, N.C.
- Shimada, A. S. 1984. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Segunda Edición. Ed. Consultores en producción animal, S.C. México, D.F. 375p.
- Singh, B; P. S. Makkar, H. 2002. The potential of mulberry foliage as a feed supplement in India. Mulberry for animal production, FAO Animal production and health paper 147:139-155.
- Soldevilla, F. 2004. Tecnología para el uso de la Morera. Instituto de Investigaciones de pastos y forrajes.





- Srivastava, S., R. Kapoor., A. Thathola and P. Srivastava, R. 2006. Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba* L.). *International Journal of Food Science and Nutrition* 57(5-6): 305-313.
- Suárez, S. J. C., E. Carulla, J. y J. Velázquez, E. 2008. Composición química y digestibilidad in vitro de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte Amazónico. *Zootecnia tropical*. 26 (3): 231-234.
- Van Soest, P. J. 1993. Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes. XVI simposium de ganadería tropical. SARH (INIFAP). Pp. 85-108.
- Velázquez, M., A. Gutiérrez, M., R. Arias y C. Rodríguez. 1992. El forraje de Morera (*Morus* sp.) como suplemento en dietas a base de ensilado de sorgo (*Sorghum Bicolor* x *S. sudanese*) para novillos. p. 377-392. In: *Árboles y arbustos tropicales en América Central*. Copilado y Editado por Jorge Evelio Benavides. Vol. II. CATIE. Costa Rica.





DETERMINACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE ECZEMA FACIAL EN UN REBAÑO DE OVINOS DE PELO

Norma Angélica Herrera Barrera¹⁸⁶ y Hugo Pérez-Ramírez^{186*}

Resumen

En un rebaño de ovinos de pelo, se observan lesiones como prurito, descamación, hiperqueratosis, ulceración y alopecia, principalmente en la región del cuello, orejas, nariz y zona pericoular, por lo cual el objetivo del trabajo fue identificar el agente causal del problema de dermatitis mediante la realización de raspados cutáneos para ácaros y dermatofitos, así como perfiles hepáticos para fotosensibilización. Se seleccionaron 20 animales con mayor grado de severidad en las lesiones, para las muestras sugerentes a sarna, se realizaron raspados profundos añadidos con KOH al 10% examinando en el microscopio compuesto con un aumento de 10x. Para la identificación de dermatofitos se tomaron las muestras mediante raspados superficiales y pelo directamente del área perimetral de la lesión, para cultivo específico en Agar. Para la fotosensibilización se tomaron muestras de sangre en tubos sin anticoagulante para la obtención del suero donde se midieron las enzimas hepáticas Gamma Glutamil Transpeptidasa (GGT) y Aspartato Aminotransferasa (AST) de cada uno de los animales. Los raspados profundos y los superficiales resultaron negativos, los perfiles hepáticos presentaron alteraciones en ambas enzimas, siendo más evidente los resultados de la GGT donde el rango normal es de 35-55 U/L y se obtuvieron valores que van de 79 a 139 U/L en 16 animales de los 20 muestreados. La GGT es un indicador específico de lesión del epitelio biliar y sus niveles elevados en suero, se relacionan con alteraciones hepáticas que cursan con colestasis, su determinación se considera útil para el diagnóstico de animales con fotosensibilización hepatógena. Se eliminó *Lantana camara* de las praderas, sin embargo, los casos siguen apareciendo y las lesiones persisten, los resultados obtenidos sugieren que el efecto de la fotosensibilización

¹⁸⁶ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT-FMVZ-UNAM), km 6.5 carr fed Mtz-Tlapacoyan. * hperamz@unam.mx





puede ser causada por otros agentes con efecto hepatotóxico (hongos como el *Pithomyces chartarum*) o por sustancias como saponinas en los pastos de tipo *Brachiaria* sp. que predominan en las praderas.

Palabras clave: fotosensibilización, GGT, AST, daño hepático, dermatitis periorcular

Introducción

La piel es el órgano más extenso del organismo, porque lo cubre totalmente y termina en las uniones mucocutáneas separando el medio interno del externo, su función principal es como barrera contra acciones mecánicas, térmicas y biológicas del ambiente, aunque cumple con otras dos funciones básicas: la transmisión de información a través del sentido del tacto y el intercambio mediante procesos fisiológicos como la termorregulación y la síntesis de vitamina D. Es un regulador de la temperatura, actúa como defensa inmunológica, es excretor y tiene también una función sensorial (Ríos, 2016). Está constituida histológicamente en tres capas, la epidermis (la más superficial), la dermis y la hipodermis (la más profunda).

Existen componentes sensoriales en la piel que perciben calor, frío, presión, dolor, roce y prurito. El prurito es la sensación incómoda de la piel que provoca en el paciente el deseo de rascarse y es uno de los síntomas clínicos más comunes que afectan la piel, puede exacerbarse por factores como la ansiedad, el aburrimiento y otras sensaciones cutáneas (dolor, frío o calor). Es de las enfermedades más desafiantes para diagnosticar y tratar debido a la multitud de circunstancias que causan prurito y a la variedad de síntomas clínicos que pueden estar presentes. Existen enfermedades que dañan la piel de los ovinos como la sarna, la dermatofitosis y la fotosensibilización, todas con características particulares.

La sarna es causada principalmente por *Psoroptes ovis*, y es de distribución mundial; La acción local de los ácaros sobre la piel consiste de forma general en una irritación mecánica de la epidermis por perforación al alimentarse o reproducirse y en la aportación de sustancias tóxicas (Cordero *et al.*, 2000).

La dermatofitosis es causada por hongos de los géneros *Microsporum*, *Trichophyton* y *Epidermophyton*. Estos dermatofitos, son queratinofílicos (que digieren la queratina). Estos





hongos patógenos están mundialmente distribuidos y todos los animales domésticos son susceptibles. En los ovinos las especies infectantes que se han reportado son *M. canis*, *M. gypseum* y *T. verrucosum*, siendo esta última la más común (Manual Merck, 2007). El mejor clima para el crecimiento de los dermatofitos es calor y humedad, por esto es más común que se presenten en regiones tropicales y subtropicales. Para que la infección se establezca también es importante considerar los factores del hospedador como la edad, el estado inmunitario y la superficie cutánea expuesta.

La fotosensibilización es un trastorno clínico en el que la piel en las superficies expuestas a la luz y desprovistas de forma significativa de la protección del pelo, lana o pigmentación es hiperreactiva a la luz solar por la presencia de agentes fotodinámicos. Una amplia variedad de agentes químicos, incluidos algunos de origen fúngico y bacteriano, pueden actuar como agentes fotosensibilizantes. No obstante, la mayoría de los compuestos que son causa importante de fotosensibilidad en medicina veterinaria son derivados de plantas (Manual Merck, 2007).

Es necesario ofrecer a los ovinos el bienestar animal por lo que es importante determinar el agente causal y establecer un tratamiento adecuado de las lesiones de dermatitis persistentes dentro del rebaño. El objetivo del presente estudio es determinar el origen de la dermatitis en ovinos descartando diferentes agentes causales posibles mediante la realización de pruebas diagnósticas, teniendo como diferenciales ácaros, dermatofitos y fotosensibilización.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo en el Módulo de Producción Ovina (MPO) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), ubicado en el km 5.5 de la carretera federal Martínez de la Torre – Tlapacoyan, municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México.

Para el presente estudio se seleccionaron 20 animales que presentaban lesiones dérmicas periorbitales como alopecia, descamación y/o prurito. Se trabajó con el grupo de hembras





vacías y sementales que presentan lesiones de mayor severidad. Los animales se mantienen bajo pastoreo con su grupo, en diferentes áreas del MPO, en algunas no cuentan con instalaciones para sombreado por lo que se resguardan en la misma vegetación de la pradera.

Pruebas diagnósticas

Ácaros. Se hicieron raspados profundos de piel añadidos con KOH al 10%. Se tomaron muestras de las lesiones sugerentes de sarna, colocando una o dos gotas de glicerina en el área escamosa o alopecica, el material que se queda “pegado” a la hoja de bisturí se coloca en una laminilla con cubreobjetos y se examina en el microscopio compuesto. Los raspados se enriquecieron agregando una solución al 10% de hidróxido de potasio (KOH); el preparado se colocó sobre una laminilla y se examinó al microscopio con un aumento de 10x. El hidróxido de potasio al 10% se utilizó para aclarar a los parásitos, escamas y pelos, facilitando el análisis de la muestra. Esto se realizó individualmente por cada animal (Cordero *et al.*, 2000).

Dermatofitos. Se tomaron las muestras mediante raspados superficiales y se tomó pelo directamente del área perimetral de la lesión, se enviaron para su cultivo específico en Agar Sabouraud al laboratorio de Micología de la FMVZ de la UNAM. Las muestras se tomaron haciendo limpieza de la zona con agua y toallas de papel, luego se depiló el pelo de la periferia de la lesión, así como también se obtuvo material de descamación por raspado y todo se guardó en un sobre blanco.

Fotosensibilización. Se tomaron muestras sanguíneas mediante venopunción de la vena yugular de los animales, la muestra se obtuvo en tubos Vacutainer[®] sin anticoagulante, para separar el suero sanguíneo por medio de una centrifuga a 3500 rpm/15 minutos. Ya separado el suero se eliminó el coágulo, decantando el suero en viales. Los sueros obtenidos se analizaron para obtener perfil hepático en seco con el aparato VetTest[®] del Laboratorio de Sanidad del CEIEGT, en el cual se midieron las enzimas hepáticas Gamma Glutamil Transpeptidasa (GGT) y Aspartato Aminotransferasa (AST) de cada uno de los animales.



Resultados y discusión

En los raspados cutáneos no existió la presencia de ácaros en las muestras tomadas, así como los cultivos micológicos fueron negativos a dermatofitos. En los resultados de los cultivos de dermatofitos realizados no se observó desarrollo micótico en el medio de cultivo; para favorecer la identificación también se utilizó KOH al 20% para disgregar la queratina y aclarar la muestra, sin embargo, tampoco se obtuvieron estructuras micóticas a la observación directa.

En los resultados obtenidos del perfil hepático en seco se observan alteraciones de acuerdo a los valores normales de referencia en los que se basa la máquina, de los cuales se tomaron solamente dos: Gama Glutamil Transferasa (GGT) y Aspartato Amino Transferasa (AST) por su relación con daño hepático.

La Figura 1, muestra los resultados de GGT, cuyo rango normal en ovinos es de 35-55 U/L, y se obtuvieron valores que van desde 79 al 139 U/L en 16 animales de los 20 muestreados, con otros 2 dentro de rango (43 y 45 U/L) y 2 (34 U/L para ambos) por debajo.

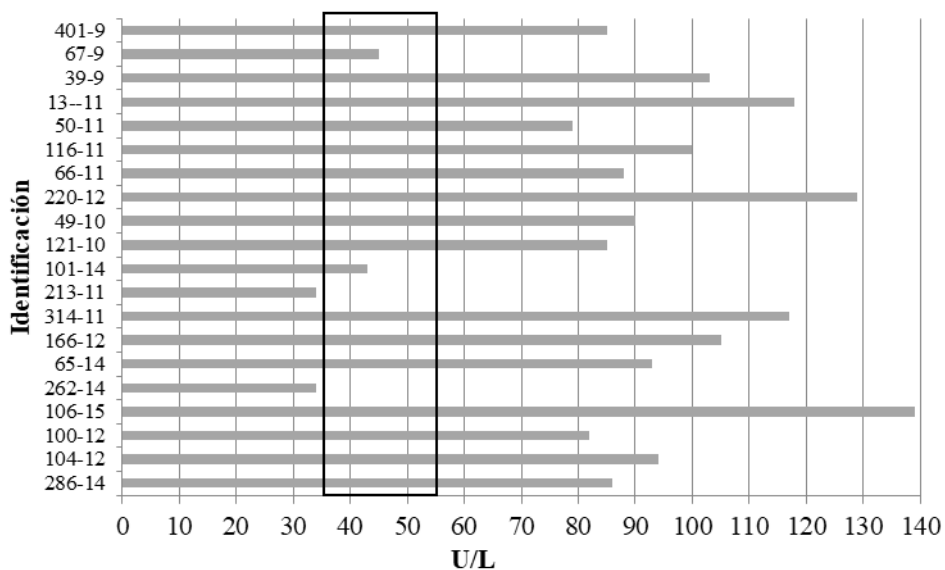


Figura 1. Rango de referencia y resultados obtenidos de Gamma Glutamil Transferasa (GGT).

La Figura 2, nos muestra los resultados de AST, donde el rango normal es de 40-96 U/L en ovinos y solo 6 animales estuvieron por arriba de esos valores (101 a 134 U/L).



Los resultados muestran alteración principalmente de la Gamma Glutamil Transferasa (GGT) en comparación a los rangos normales. La GGT es un indicador específico de lesión del epitelio biliar y sus niveles elevados en suero se relacionan con alteraciones hepáticas que cursan con colestasis. Por ello, su determinación se considera útil para el diagnóstico de animales con fotosensibilización hepatógena.

Los niveles séricos de AST, relacionados específicamente con lesiones en los hepatocitos, también se encontraron incrementados en 6 animales con valores que fueron de 101 a 134 U/L.

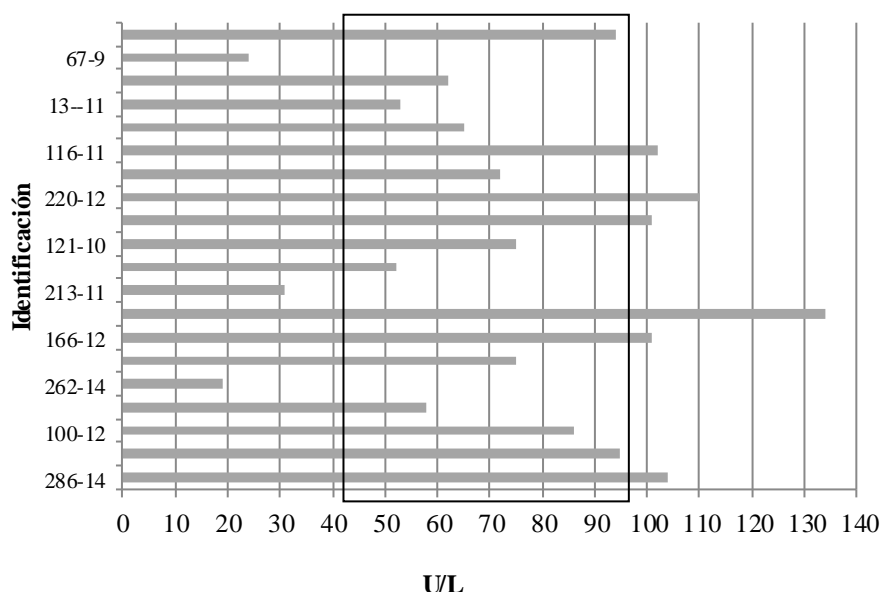


Figura 2. Rango de referencia y resultados obtenidos de Aspartato Amino Transferasa (AST).

La fotosensibilización secundaria o hepatógena es un proceso que afecta a los rumiantes, caracterizado por la existencia de alteraciones hepáticas que impiden la excreción de filioeritrina, metabolito de la clorofila de actividad fotodinámica, que al interactuar con los rayos ultravioletas provoca lesiones en las áreas expuestas a la luz. Este proceso se asocia principalmente al consumo de plantas con efecto hepatotóxico o a la esporidesmina, toxina presente en las esporas de *Pithomyces chartarum*, hongo que crece en los pastos (Fuertes *et al.*, 2003). Se conoce que la GGT y la AST son enzimas del metabolismo celular y el aumento de su actividad en suero se asocia a daño tisular. La actividad de GGT en suero





aumenta principalmente en procesos patológicos hepatobiliares y la AST en enfermedades del músculo cardíaco o esquelético y de la célula hepática (García-Sanmartín *et al.*, 2001).

Los casos presentados anteriormente mejoraron notablemente al retirarlos de la luz directa del sol; en un estudio realizado previo al presente (Sandoval, 2015) con un menor número de animales, se inclinó el diagnóstico del daño hepático por efecto de *Lantana camara* planta que se presentaba en las praderas, por lo cual se fue eliminando esta planta casi por completo. Sin embargo, los casos siguen apareciendo incluso en potreros donde se ha eliminado la planta y las lesiones persisten. Se sospecha por ello, que la fotosensibilización puede ser causada por las esporas de *Pithomyces chartarum* o por saponinas de *Brachiaria spp.* En el diagnóstico del Eczema facial la GGT es considerada la enzima de elección y en ovinos expuestos a esporidesmina, niveles de GGT mayores de 50 UI/L o de 60 UI/L según la raza, son indicativos de Eczema Facial subclínico (Morris *et al.*, 1994).

Conclusiones

1.- Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se descarta que el origen de la dermatitis persistente en el rebaño sea causado por ácaros o por dermatofitos, por lo tanto, la causa se atribuye a un daño hepático por fotosensibilización. 2.- La variabilidad en el curso de la enfermedad y la severidad de las lesiones se asocia a la existencia de varios factores de susceptibilidad en los ovinos, que sugieren el efecto de otros agentes con efecto hepatotóxico (hongos como el *Pithomyces chartarum*) o por sustancias como las saponinas presentes en los pastos de tipo *Brachiaria sp* que predominan en las praderas de la unidad de producción.

Agradecimientos

Se agradece al Laboratorio de Micología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM por la realización de los cultivos de los dermatofitos y al Laboratorio de Sanidad del CEIEGT por facilitar el uso del VetTest®.





Literatura citada

- Cordero, C. M., F. A. Rojo V., A. R. Martínez F., M. C. Sánchez A., S. Hernández R., C. I. Navarrete L, *et al.* 2000. *Parasitología Veterinaria*. Madrid, España: McGraw-Hill-Interamericana de España.
- Fuertes, M., A. Martínez, O. Moreno, J. Benavides, J. Menéndez, *et al.* 2003. *Estudio clínico y lesional de un brote de fotosensibilización ovina de origen hepatógeno en Asturias*. Dpto. Patología Animal: Medicina Animal (Anatomía Patológica). Universidad de León. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265822686_ESTUDIO_CLINICO_Y_LESIONAL_DE_UN_BROTE_DE_FOTOSENSIBILIZACION_OVINA_DE_ORIGEN_HEPATOGENO_EN_ASTURIAS. [Consultado el 2 de diciembre de 2016].
- García-Sanmartín J., García-Perez, A. Barandika, J. Adúriz, G. Ziluaga, I. Juste, R. Berriatua E. 2001. Actividad sérica de gamma-glutamilttransferasa (GGT) y aspartato aminotransferasa (AST-GOT) en ovejas del país vasco. Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER), 48160-Derio. Bizkaia.
- Manual Merck Veterinaria*. 2011. 6a ed. Barcelona, España. Océano.
- Morris, CA, R. Towers N., M. Wheeler & C. Wesselink. 1995. Selection for or against facial eczema susceptibility in Romney sheep, as monitored by serum concentrations of a liver enzyme. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1995, Vol. 38: 211-219. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00288233.1995.9513121> [Consultado el 10 de enero de 2017]
- Ríos, M. M. C. 2016. La piel de los bovinos. *Memorias de 1ª Jornada sobre la piel de los Rumiantes; abril 4-5*. FMVZ-UNAM
- Sandoval, S. L. G. 2015. Determinación del agente causal de la dermatitis ovina en el Módulo de Producción Ovina del CEIEGT. Estudio de caso del Trabajo Profesional. FMVZ-UNAM.





LA MULTIFUNCIONALIDAD DE RANCHOS GANADEROS CON TECNOLOGIAS AGROFORESTALES EN LA REGION MONTAÑOSA CENTRAL DE VERACRUZ. I. PAISAJISMO Y TURISMO RURAL

José A. Torres Rivera^{187*}, Sandra L. Fernández Pereyra¹⁸⁸, Sergio A. López Sánchez¹⁸⁸, Marco A. Márquez García¹⁸⁸, Miguel A. Benítez Cruz¹⁸⁸, Juan D. Heredia Pérez¹⁸⁸, Amayraini Francisco Jerónimo¹⁸⁸, Fernando Álvarez López¹⁸⁸, Verónica Contreras Medrano¹⁸⁸, Miriam Cipriano Enríquez¹⁸⁸

Resumen

La ganadería en el mundo está siendo cuestionada por sus impactos negativos al ambiente y a la salud. Como respuesta a ello, han surgido nuevos planteamientos analíticos para su estudio e innovadores sistemas de producción para la sustentabilidad de sus funciones. El objetivo de la presente investigación fue analizar, mediante el estudio de cinco casos contrastantes, el carácter multifuncional de la ganadería en una región. Los casos fueron clasificados como: rancho agroecológico con bovinos (RA), rancho silvopastoril regenerativo con bovinos (SR), rancho multifuncional con caprinos (RM) y rancho preferentemente agroecológico con bovinos (PA), y como control se incluyó un rancho convencional con bovinos (RC). Mediante entrevistas a profundidad y muestreos durante mayo y junio de 2018, se aplicaron instrumentos para evaluar las funciones productivas, ambientales y sociales de los ranchos. Este estudio presenta solo paisajismo y turismo rural. Se encontró que los ranchos RA, RM y SR producen mayor diversidad de bienes privados, además y con intención bienes públicos (fomento de la biodiversidad, disminución de los procesos de degradación de suelos, protección de recursos hídricos y fomento de valores paisajísticos). Para lograr sus propósitos, RM ha implementado el uso de bancos de proteína; RA el pastoreo rotacional en callejones, cercas vivas y bancos de proteína entre otras tecnologías agroforestales; SR el pastoreo racional Voisin con cercos vivos, árboles dispersos en potreros y otras tecnologías. Los ranchos PA y RC cuentan con árboles, pero su presencia es más tolerada que fomentada. La agroforestería con prácticas innovadoras permite

¹⁸⁷Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. * tora_sheep@hotmail.com

¹⁸⁸Unidad Regional Universitaria Sursureste, Universidad Autónoma Chapingo.





diversificar las aportaciones de la ganadería y transitar de la ganadería productivista e intensiva a la sustentable.

Palabras clave: agroecología, ganadería regenerativa, pastoreo Voisin, sistemas silvopastoriles

Introducción

Mucho se ha escrito y se seguirá escribiendo sobre los impactos de la ganadería para los ecosistemas y para la totalidad del planeta. Una de las obras más completas y críticas de los efectos ambientales, sociales y de salud que provoca la ganadería “Livestock’s Long Shadow” (Steinfeld *et al.*, 2006) cita que es la principal usuaria de tierras pues ocupa casi el 30% de la superficie del planeta, que en diversos lugares es la fuente principal de contaminación de suelos y aguas, que sus emisiones de gases de efecto invernadero contribuyen en 18% al cambio climático, que las tierras de pastoreo y las destinadas a la producción de forrajes modifican paisajes enteros y reducen el hábitat natural, que la conversión de bosques en pastizales sigue siendo un proceso preocupante de pérdida de biodiversidad en Latino América, entre otros. El caso de Veracruz es particularmente delicado, ya que 54% de la superficie rural se destina a la ganadería –la tercera entidad después de Tabasco y Sonora– y tiene un hato ganadero bovino de 4.2 millones de cabezas, el mayor del país y que representa 12.5% del total nacional (SEFIPLAN, 2015).

De estas problemáticas surgieron propuestas como la ganadería agroecológica y la ganadería regenerativa, que en combinación con tecnologías agroforestales como el silvopastoreo pretenden contribuir a conservar la tierra, el agua y los recursos genéticos. No se trata de culpar a la ganadería por el daño ocasionado, sino de promover medidas para mitigar sus efectos, pues el sector pecuario es también un agente fundamental en la economía nacional y un importante proveedor de alimentos y otros bienes. La ganadería no puede limitarse a solo producir carne y productos lácteos (Riechmann, 2004), sino que debe generar autonomía para los ganaderos, seguridad alimentaria para los consumidores,





paisajes ricos y diversificados para todos, protección al suelo, del agua y la biodiversidad para las generaciones futuras.

El conocimiento de los factores críticos para incrementar la sustentabilidad de la ganadería se ha enriquecido a partir de considerar las posibilidades de funciones múltiples en las zonas rurales. El realizar una investigación sobre la multifuncionalidad de los sistemas ganaderos innovadores en Veracruz, contribuye a dimensionar la producción de otros bienes como el turismo rural y la protección de valores paisajísticos, aspectos que para Segrelles (2006) son un mito en América Latina.

De acuerdo con estadísticas de la Organización Mundial de Turismo, México es uno de los principales destinos turísticos internacionales, con un octavo lugar mundial y segundo en el continente, siendo Veracruz uno de los estados más visitados (UNWTO, 2018). El turismo es una de las ramas más importantes de la economía en el país, pues representa el 8.7% de aportación al Producto Interno Bruto nacional, más que todo el sector primario que apenas genera el 3.3% (INEGI, 2018).

La Secretaría de Turismo considera que el turismo alternativo es una oportunidad para que emprendedores comunitarios o privados participen en proyectos con principios de Desarrollo Sustentable, tales como: turismo de aventura, ecoturismo, turismo rural y turismo en áreas naturales protegidas (SECTUR, 2002). El turismo de este tipo, que empezó en Europa por los años 30's como vacaciones de montaña, decayó en los años 50's por la preferencia del turismo de playa, resurgió con los movimientos ecologistas de los años 70's, y en la actualidad tiene cada vez más demanda, particularmente en lugares que cuentan con atractivos naturales o culturales de excepcional interés. La mayor parte de la demanda por turismo rural procede de los propios países; sin embargo, algunos sitios registran flujos importantes y crecientes de turistas extranjeros interesados en participar en la conservación de los recursos naturales y en la valoración de las expresiones culturales. El turismo rural es considerado como el lado humano del turismo alternativo, ya que se le atribuye la oportunidad que se le brinda al turista de convivir con comunidades rurales, para conocer y aprender otras formas de vida, en sus aspectos cotidianos, productivos y culturales, sensibilizándolo sobre el respeto y valor de la identidad cultural de las comunidades y pueblos.





En Europa el turismo rural constituye uno de los aspectos fundamentales para el mantenimiento de las poblaciones rurales en áreas económicamente poco desarrolladas y garantiza el mantenimiento de bienes patrimoniales culturales y medioambientales, con efectos económicos de gran magnitud, que se contabilizan en decenas de miles de establecimientos de turismo rural. Por ejemplo, Francia cuenta con 60 mil y Alemania con 30 mil (Solsana, 2006). En contraste, en México, pese a la importancia estratégica del sector y a que existen instituciones encargadas de la promoción y/o regulación, se desconoce el número y localización de los ranchos ganaderos que ofertan actividades consideradas como turismo rural. Se sabe que existe más desarrollo en estados del norte como Baja California, Chihuahua y Sonora, donde se combinan las modalidades de turismo de aventura, recreativo, agroturismo y ecoturismo, ofertando paseos a caballo, alimentación de animales, esquila de ovejas, ordeña y elaboración de quesos y fotografía, entre otros. En Veracruz también hay algunos ranchos o granjas que ofrecen turismo alternativo, casi todos en las regiones montañosas, por ser estas las de mayor valor paisajístico.

Martínez (1999) estimó un universo de 229 empresas de turismo rural en México, en el que Veracruz ocupó el primer lugar con 25 registradas. Muchos de estos proyectos han surgido en forma espontánea, con algunas o demasiadas deficiencias, por lo que los resultados no han sido los esperados. De manera independiente del origen de la demanda y de sus características, existen tendencias que la oferta actual debe considerar, tales como: contar con una oferta real en el lugar y/o en el entorno que cumpla con las expectativas creadas a través de la difusión y comercialización, mayor exigencia por calidad, comodidad y seguridad; inclusión de recorridos, actividades deportivas y complementos; y mayor conciencia ambiental, entre otras.

Muy relacionada con la evaluación de los espacios para fines turísticos y para determinar el impacto ambiental de las actividades antrópicas como la ganadería se encuentra la calificación del paisaje. Existen numerosas definiciones de paisaje, la Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 considera que es el área exterior o entorno circundante de una edificación, y se considera como un factor de calidad de vida, fuente de armonía y placer estético (Secretaría de Economía, 2014). Muñoz y Larraín (2002) lo definen como el conjunto de interrelaciones derivadas de la interacción entre geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua y modificaciones antrópicas. Debido a lo anterior, el objetivo fue analizar mediante el





estudio de cinco casos contrastantes el carácter multifuncional de la ganadería en una región. La investigación basada en estudio de casos es una metodología cualitativa recomendable cuando el fenómeno que se estudia es novedoso y las teorías se encuentran aún en fase de construcción (Castro-Monge, 2010). No se pretende hacer generalizaciones estadísticas ni representar una muestra de una población, son casos específicos los que se estudian buscando nuevas evidencias o situaciones, diferencias de lo que se está estudiando respecto a su universo, la formulación de nuevas preguntas e hipótesis de una realidad concreta en un escenario y momento dado (Yin, 2014). Desde una perspectiva holística y en lo posible, se aplican técnicas estadísticas cuantitativas para descubrir patrones en los datos recabados, como lo sugieren algunos autores (Larsson, 1993).

La investigación se llevó a cabo con la participación de estudiantes de la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales de la Universidad Autónoma Chapingo (CIAEZT-UACH) en el levantamiento, ordenamiento, sistematización e interpretación de los datos. El estudio se utilizó como herramienta pedagógica, para discutir y debatir sobre cómo transitar de una ganadería cuestionada por insostenible a otra más sustentable. Por el nivel descriptivo, ilustrativo y explicativo logrado se considera que los resultados tienen validez interna y externa para la toma de decisiones.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la parte media de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental, región que se caracteriza por su relieve de cerros, lomas y valles. El clima es semicálido húmedo, con temperatura media de 17 a 22°C y precipitación pluvial de 1500 a 2000 mm. Los suelos son de origen volcánico, principalmente andosoles y luvisoles, y la vegetación natural es de bosque de niebla, con transición a selva baja subcaducifolia y encinar tropical en sitios de menor altitud.

Los casos estudiados fueron: Ganadería “La Luna”, clasificada como rancho silvopastoril regenerativo (SR), coordenadas 19°36'20.36"N, 96°53'20.64"O y 1029 msnm; Granja “Don Nelo”, clasificada como rancho multifuncional (RM), coordenadas 19°29'5.02"N, 96°54'45.11"O y 1256 msnm; Cooperativa “Las Cañadas”, clasificada como rancho





agroecológico (RA), coordenadas 19°11'15.52"N, 96°59'50.89"O y 1463 msnm; Rancho "Tlaxopa", clasificado como rancho preferentemente agroecológico (PA), coordenadas 19°10'30.58"N, 96°57'19.86"O y 1333 msnm; y como control el rancho "Don Chicho", clasificado como rancho convencional (RC), coordenadas 19°10'22.46"N, 96°57'40.63"O y 1343 msnm. El primero se localiza en el municipio de Jilotepec, el segundo en Coatepec y los restantes en Huatusco.

El valor paisajístico se consideró como la suma de atributos biofísicos, estéticos y estructurales de los terrenos del rancho que son visibles desde diferentes puntos de observación (SEA, 2013; Secretaría de Economía, 2014). Primero se delimitó la superficie del rancho en un croquis o plano, que se sobrepuso a la correspondiente imagen de satélite de Google Earth Pro® para tener noción de la geomorfología y de la cobertura vegetal e hidrología de las unidades de paisaje, consideradas como las divisiones espaciales que mantienen una agregación ordenada y coherente. Posteriormente, se realizaron recorridos para obtener una perspectiva del fondo escénico y del entorno inmediato. Finalmente, se valoró la calidad intrínseca del paisaje en diferentes sitios por un panel de diez jueces (estudiantes de agronomía entrenados en la metodología), empleando una encuesta con escala de rango. Para disminuir la subjetividad de la calificación, las variables fueron convertidas a escala de razón y se acotó a 80% el promedio.

El turismo rural fue evaluado como el ofrecimiento del rancho a visitantes para las actividades señaladas por SECTUR (2004), como son actividades de convivencia e interacción en todas aquellas expresiones sociales, culturales y productivas cotidianas del mismo.

Resultados y discusión

Paisajes y función productiva de los ranchos

Rancho agroecológico (RA)

De la superficie total de 306 ha, la mayor parte (224 ha) es reserva ecológica de bosque de niebla, 12 ha se destinan al pastoreo y ordeña, y el resto a otros usos: huerto biointensivo, bosque comestible, plantación de bambú, huerto de semillas, cultivos anuales y tubérculos,





parcela de leña, arroyo, represa, vivero, gallinero y construcciones. El paisaje ganadero discurre en ladera casi plana: pastoreo rotacional en callejones de ilite (*Alnus acuminata*) o poró (*Erythrina poeppigina*) con pradera mixta de estrella (*Cynodon nlemfluensis*), setaria (*Setaria sphacelata* cv. kazungula), señal (*Brachiaria decumbens*) y cacahuate (*Arachis pinto*); pastoreo Voisin en potreros de estrella con árboles dispersos de ilite, huizache (*Vachellia pennatula*) y otros; cercas vivas de palo mulato (*Bursera simaruba*), tejocote (*Crataegus* sp) y otros; bancos de proteína de gigantón (*Tithonia diversifolia*), morera (*Morus alba*) y nacedero (*Trichanthera gigantea*). Cuenta con unas 30 vacas jersey x criollo con la finalidad de producir leche, carne y animales de trabajo para las necesidades internas y los visitantes.

Rancho silvopastoril regenerativo (SR)

De la superficie total de 72 ha, el 82% se dedica a ganadería, el 17% a reserva y 1% a agricultura. Existe gran diversidad de paisajes ganaderos: pastoreo racional Voisin en terrenos planos, valles inundables y laderas con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), insurgente (*Brachiaria brizantha*) o mulato (*Brachiaria hibrida* cv. mulato) y gramas nativas; algunos pastizales con cercos vivos de ciruelo (*Spondias purpurea*), colorín (*Erythrina americana*) y palo mulato (*Bursera simaruba*); sin o con árboles dispersos desde baja hasta alta densidad, predominando: chalahuite (*Inga vera*) y huizache (*Vachellia pennatula*). Otros paisajes son: cortina rompevientos de ciprés (*Cupressus benthamii*), bosque secundario intervenido, bosque ripario, acahual de selva baja subcaducifolia sobre malpaís, cañal (*Saccharum officinarum*) y cafetal (*Coffea arabica*) abandonado. Hay unas 75 vacas pardo suizo de registro, la finalidad es venta de sementales y leche fresca a Nestlé.

Rancho multifuncional (RM)

Ocupa casi una hectárea de superficie y cuenta con las siguientes áreas productivas, que se manejan como microempresas: cultivo de morera (*Morus alba*), corral para cabras alpina x saanen en estabulación, sala de ordeña, taller de quesos y otros productos, área de transformación de residuos, vivero (café, hortalizas y plantas condimentarias), bodega y oficina. Existe una granja integral autosuficiente basada en tecnología silvopastoril, lo que permite mantener eficientemente 80 cabras con la producción de 3/4 ha de morera,





complementado con subproductos del cafetal y desperdicios de juguería y/o tortillería. Se aplican algunos principios de agroecología, como es el uso mínimo de insumos nocivos para el medio ambiente y contaminantes de los lácteos artesanales que se producen; se prescinde de fertilizantes sintéticos pues se aprovecha el estiércol para producir composta, lombricomposta y biol que se utilizan como abono del banco de proteína, cafetal, vivero y hortalizas; se promueve la actividad biológica del suelo añadiendo regularmente restos orgánicos y “sembrando” lombrices; se utiliza biogás como combustible y se procura dar un valor a cada recurso disponible integrándolo adecuadamente al conjunto, entre otras prácticas. No obstante que algunos analistas consideran que la multifuncionalidad es un mito para los pequeños productores rurales en América Latina (Segrelles, 2006), este es un verdadero caso multifuncional, porque cumple cabalmente la función primaria de producir alimentos para la familia y la sociedad, constituye el modo de vida del propietario y sus empleados, además de que se realiza una serie de funciones distintas. Esta finca contribuye a la seguridad alimentaria al lograr multiplicar la producción por hectárea, la leche se pasteuriza con lo que se ofrece un producto inocuo y nutritivo, la alta densidad de plantas del banco de morera coadyuva a los servicios ambientales del sistema, genera efectos económicos para la misma granja (por la venta local y extra-regional de productos y servicios) y para otros en la comunidad (mediante empleo y atracción de agroturismo). Al ser un modelo exitoso contribuye al desarrollo de capital humano a diferentes niveles: localmente, es ejemplo de lo que se puede hacer para la supervivencia de la población rural frente a la crisis de la cafecultura, sobre todo para los jóvenes; se ha logrado conjuntar un equipo de productores que ofrecen cursos de capacitación a otros productores interesados en el sistema diseñado, con alcance nacional; en forma adicional, se han elaborado más de veinte tesis y varios estudiantes de diferentes instituciones han realizado su servicio social en la granja, por lo que sin proponérselo también se ha convertido en una granja escuela.

Rancho preferentemente agroecológico (PA)

Tiene una superficie total de 28 ha, todo en ganadería. El paisaje es de potreros entre lomeríos tendidos: pastoreo rotacional en praderas mixta de estrella (*Cynodon nlemfuensis*), pangola (*Digitaria decumbens*) y señal (*Brachiaria decumbens*), con baja hasta alta densidad de árboles dispersos ($n \approx 30/ha$), predominando huizache (*Vachellia pennatula*) y ocozote





(*Liquidambar styraciflua*). Otros paisajes son: pastoreo en callejones de ilite (*Alnus acuminata*) con gramas nativas, aguaje con bosque ribereño, cercos vivos, establo y taller de quesos. Cuenta con unas 50 vacas pardo suizo x holstein x cebú, la finalidad es producir quesos para el mercado local, la leche excedente la adquiere un acopiador foráneo, mientras que los becerros destetados se venden a otros ranchos de la región.

Rancho convencional (RC)

Posee una superficie total de 17 ha, todo en ganadería. El paisaje del potrero es en valle intermontano: pastoreo rotacional en pradera mixta de estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y grama nativa, con alta densidad de árboles dispersos ($n \approx 30/ha$) de huizache (*Vachellia pennatula*). Otros paisajes son: banco forrajero de maralfalfa (*Pennisetum spp*), establo y corral de engorda. Cuenta con unas 55 vacas simmental x charolais x jersey x holstein, con la finalidad es producir leche fresca y novillos para acopiadores foráneos.

Calidad Visual del Paisaje

Según atributos biofísicos

La mayor expresión visual de los atributos biofísicos del paisaje está en la vegetación, en la rugosidad de la cobertura del suelo y en el relieve. En todos los ranchos la cobertura del suelo es cercana al 100%, con perduración de la vegetación herbácea permanente y sólo algunos elementos arbóreos caducifolios. En cuanto a la diversidad, se encontraron diferencias, siendo muy diversa y difícil de cuantificar en SR y RA; es alta en PA, pues además de tener diversidad de herbáceas en los potreros, en ellos se encuentran unas 30 especies arbóreas dispersas; y es baja en RC y RM, en el primero caso por tener pastizales monófitos y en el segundo por tener monocultivo de morera, aunque ambos cuentan con unas 5 especies distintas de árboles asociados. El rancho SR destaca sobre los demás por presentar más estratos de vegetación, reconociéndose claramente herbáceas, arbustivas, arbóreas y epífitas; en el rancho RC, pero también en RA y PA, además del estrato herbáceo se distingue otro de arbóreas o de arbustivas que por ser incoetáneas aparentan un tercero, la presencia de epífitas es baja; el rancho RM resulta ser un caso difícil de clasificar, pues se trata del monocultivo de una arbórea con cortes diarios en hileras, de manera que se aprecian múltiples estratos.





La rugosidad, entendida como la percepción visual de la superficie del terreno descrita en función de los diferentes tipos de cobertura, fue calificada como destacada en el caso del rancho SR pues se distinguen al menos 10 parches contrastantes; siguen en orden los ranchos RA y PA con calificación alta, por tener entre seis y nueve parches contrastantes; después el rancho RC, cuya rugosidad fue media por distinguirse entre tres y cinco parches medianamente contrastantes; y por último el rancho RM, con rugosidad baja, ya que la percepción que se tiene de la superficie es de uniformidad.

En cuanto al relieve, el rancho SR presenta los mejores atributos por encontrarse en una zona de transición de sierra a llanura, de manera tal que tiene potreros en laderas abruptas con pendientes cercanas al 100% hasta potreros en sitios casi planos, con vista panorámica a gran distancia. Los ranchos RA, PA y RC poseen propiedades semejantes entre ellos, con relieve de lomerío ondulado, pendientes ligeramente inclinadas menores de 50%, y vista panorámica corta. El rancho RM tiene relieve de lomerío casi plano, con pendiente menor al 10% y sin vista panorámica.

Otros atributos del paisaje natural, como la hidrología superficial, solamente resulta de consideración en el rancho SR y un poco menos en RA. En el primero, por tener varios arroyos que cruzan por sus terrenos, con agua limpia, pero de poco movimiento, con la ribera arbolada de 4 a 15 m de ancho; y el segundo porque el camino de acceso al área de potreros cruza por un arroyo, con agua limpia de moderado movimiento, incluyendo desniveles de poca altura que embellecen el paisaje, márgenes con abundante vegetación en varios estratos. El rancho PA cuenta con agua de manantial, el rancho RC con agua de pozo y el RM utiliza agua de la red pública, de manera que el agua en estos casos es poco visible y no contribuye a la calidad visual del paisaje.

Según atributos estructurales

Los atributos estructurales del paisaje, que comprende la expresión de la diversidad y singularidad de atributos presentes y la condición natural o antrópica del paisaje, son muy contrastantes entre los ranchos, no se aprecia una tendencia clara de los que practican la agroforestería sobre los convencionales. Destaca SR (83 puntos) por su mayor heterogeneidad de paisajes y dominio de lo natural sobre lo antrópico. RM (25 puntos) y RC





(33 puntos) obtuvieron las calificaciones más bajas debido a que carecen de singularidades en el paisaje, visualmente ofrecen poca variación y domina lo artificial sobre lo natural.

Según atributos estéticos

Los atributos estéticos resultaron con menor calificación respecto a los estructurales y casi igual a los biofísicos. En general destaca el color del paisaje natural (65 puntos) y el de los materiales de las instalaciones (50 puntos) sobre las formas. Los ranchos SR y RA superan a los otros por utilizar mayor porcentaje de material natural en las construcciones, una arquitectura menos voluminosa y que armoniza mejor con el paisaje natural, así como por mostrar más diversidad de matices como consecuencia de tener mayor cobertura vegetal relacionada con el bosque caducifolio y/o la selva. Los otros ranchos resultaron semejantes entre ellos en la suma de atributos estéticos. En cuanto al color de las instalaciones, no hay diferencias por tipo de rancho, pues todos utilizan el blanco u otros colores claros que demeritan poco a los del paisaje natural; cabe mencionar que en el rancho RA se utilizan en la vivienda y en otras instalaciones, pero no en las destinadas al ganado, colores propios del paisaje natural que pretenden ocultar las instalaciones.

El acceso a los ranchos, que es la primera impresión para los visitantes, es algo en que casi todos deben mejorar. Únicamente SR presenta atributos estéticos valorados en letrero con el nombre del rancho, materiales naturales (piedra y plantas ornamentales) y poco volumen armonizando con el paisaje natural. El rancho RC tiene letrero y abundantes plantas ornamentales en el acceso, pero un arco que armoniza poco con el paisaje por ser muy voluminoso y artificial.

Turismo rural

Esta función se realiza solo en los ranchos con modelo alternativo, obteniendo en algunos casos ingresos económicos considerables. El rancho RA es el más adelantado pues cuenta con un programa calendarizado de cursos, de los que ofrece unos 19 al año en diferentes temas y con duración de 3 hasta 35 días y un cupo de 22 personas; además de la capacitación teórico-práctica por los mismos trabajadores del rancho y en ocasiones por instructores externos, se proporcionan manuales, alimentación y hospedaje. Así mismo, cuenta con un programa de aprendices con duración de tres semanas y cupo de 5 a 7





personas máximo, que se organiza cinco veces al año e incluye temas diversos, entre ellos de ordeña y lácteos. Además, y con motivo de la celebración de alguna fecha conmemorativa, se realizan actividades de recorridos, talleres, música, teatro, comida sana, venta de plantas y semillas, venta de libros y manuales, entre otras actividades de agroecoturismo para niños y adultos.

El rancho RM que partió de ganadería convencional, transitó a un modelo alternativo con tecnologías agroforestales y bases agroecológicas, se encuentra en el camino de la agricultura multifuncional y resulta atractivo turísticamente más por las innovaciones tecnológicas que por el paisaje. No lleva registro de visitantes, pero se estima recibe más de 400 personas al año entre productores, estudiantes y técnicos interesados en el modelo productivo.

El rancho SR está incursionando en el turismo rural ofertando Días de Campo para mostrar el Pastoreo Racional Voisin y el ganado suizo en Silvopastoreo Racional. Presenta gran potencial para el senderismo debido a su ubicación que permite una vista panorámica a gran distancia, paisajes contrastantes y árboles de gran tamaño cubiertos de epifitas, entre otros atractivos. Aunque los ranchos PA y RC en ocasiones reciben visitantes, estudiantes y/o productores, interesados en conocer lo que ahí se realiza, la modalidad de acuerdo con SECTUR (2004) es más bien de excursionismo, puesto que sus motivos no son turísticos sino de estudio o de trabajo.

Conclusiones

- 1.- Toda la región montañosa central de Veracruz posee en si misma valor paisajístico, determinado principalmente por el relieve montañoso y por la abundante vegetación.
- 2.- Todos los ranchos, aun los convencionales, cuentan con espacios de valor paisajístico, siendo más valorados los que poseen vegetación arbolada.
- 3.- Debido a la conversión del terreno al uso agropecuario, algunas unidades de paisaje han tenido un impacto negativo, no obstante, se acepta que en algunos casos la fragmentación del paisaje con prácticas agroforestales aumenta positivamente su diversidad y le confiere valor escénico y turístico.
- 4.- La agroforestería con prácticas innovadoras permite diversificar las aportaciones de la





ganadería y atender demandas sociales, así como transitar de la ganadería productivista e intensiva a la sustentable.

Literatura citada

- Castro-Monge, E. 2010. El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración* 1(2):31-54.
- INEGI. 2018. PIB y Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto Trimestral 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/default.aspx> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Larsson, R. 1993. Case Survey Methodology: Qualitative Analysis of Patterns across Case Studies. *Academy of Management Journal*, 36, 1515-1546.
- Martínez, T. 1999. Panorama actual del turismo rural en México y su evaluación. Centro de Estudios Superiores de Turismo. México. 184 p.
- Muñoz, A. y A. Larraín, 2002. Impacto de la actividad silvoagropecuaria sobre la calidad del paisaje en un transecto del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 673-689.
- Riechmann, J. 2004. *Ética ecológica: propuestas para una reorientación*. Icaria Editorial. Madrid. 247 p.
- SEA. 2013. *Guía de Evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA*. Servicio de Evaluación Ambiental. Chile. 87 p.
- Secretaría de Economía. 2014. *Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013. Edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos*. Secretaría de Economía, México.
- SECTUR. 2002. *Turismo alternativo. Cómo desarrollar un proyecto de ecoturismo*. Secretaría de Turismo. Fascículo 2, Serie Turismo Alternativo. México. 36 p.



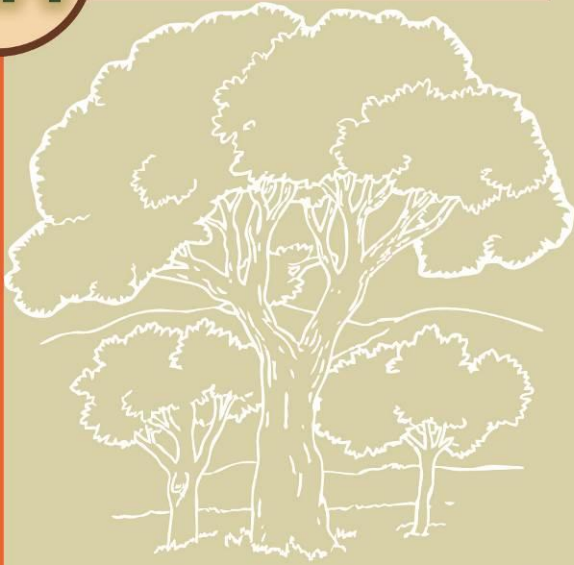


- SECTUR. 2004. Turismo alternativo. Una nueva forma de hacer turismo. Secretaría de Turismo. Fascículo 1, Serie Turismo Alternativo. México. 58 p.
- SEFIPLAN. 2015. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. Principales resultados en Veracruz. Secretaría de Finanzas y Planeación. Veracruz. 13 p.
- Segrelles, J.A. 2006. El mito de la multifuncionalidad rural en América Latina. Actas Latinoamericanas de Varsovia, 29: 159-178.
- Solsana, J. 2006. El turismo rural en Europa. Aportes y Transferencias, 10(2):25-35.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales and C. de Haan. 2006. Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options. Livestock Environment and Development, Food and Agriculture Organization (LEAD-FAO). Rome. 416 p.
- UNWTO. 2018. World Tourism Barometer and Statistical Annex, January 2018. World Tourism Organization, 16(1). <http://mkt.unwto.org/es/barometer> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Yin, R. 2014. Case Study Research: Design and Methods. 5th ed. Thousand Oaks, CA. 282 p.





VERACRUZ 2018



FORESTAL



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



DISPERSIÓN DE POLEN EN UN HUERTO SEMILLERO Y EN RODALES DE *Pinus patula* Schl. et Cham

Liliana Muñoz Gutiérrez^{189, 190*}, J. Jesús Vargas Hernández¹⁸⁹, Javier López Upton¹⁸⁹, Carlos Ramírez Herrera¹⁸⁹, Marcos Jiménez Casas¹⁸⁹ y Arnulfo Aldrete¹⁸⁹

Resumen

El flujo de polen de poblaciones naturales a huertos semilleros tiene un efecto negativo en la calidad genética del germoplasma producido; por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la variación espacial y temporal de la dispersión de polen de rodales naturales vecinos a un huerto semillero clonal de *Pinus patula*. En 2014 y 2015 se establecieron trampas para capturar polen en el centro y periferia del huerto y en rodales naturales en un transecto altitudinal en Aquixtla, Puebla, México. Con las curvas de polen capturado se estimó el total dispersado por unidad de superficie (granos de polen cm^{-2}), las fechas y la duración del periodo de dispersión. También se analizó la relación del periodo de dispersión con la temperatura, precipitación y grados-día. El polen capturado en el huerto fue 2.5 veces mayor y el periodo de dispersión inició una semana antes que en los rodales naturales en ambos años. En 2015, el número de granos de polen cm^{-2} aumentó al doble y el periodo de dispersión se retrasó. En la parte central del huerto hubo 74% más polen que en la periferia y su periodo de dispersión se retrasó uno a tres días. Las diferencias entre años en la fenología de dispersión se relacionaron con los grados-día acumulados y con la variación en temperatura máxima y precipitación. Los resultados señalan riesgos de contaminación genética en el huerto, pero estos son menores en el centro que en la periferia.

Palabras clave: contaminación genética, fenología reproductiva, flujo genético, gradiente altitudinal, grados-día

¹⁸⁹Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo.

¹⁹⁰CENID. COMEF. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

*gutierrez.liliana@inifap.gob.mx





Introducción

El objetivo final de un huerto semillero es producir semilla de mayor calidad, en cantidad suficiente y con una eficiencia genética elevada, lo cual depende del tamaño efectivo de población en el huerto y de la capacidad de exclusión de gametos de individuos no seleccionados (Ericksson y Adams, 1989). Factores como la fecundidad de los progenitores, sincronía en la fenología reproductiva de los clones y ausencia de polen externo influyen en la eficiencia genética del huerto. El polen externo de árboles no seleccionados, que llega a los huertos semilleros, tiene efectos negativos en la progenie porque reduce el potencial de crecimiento y genera problemas de adaptación que reducen la ganancia genética (Lowe y Wheeler, 1993). Es común que los huertos semilleros se expongan a altos niveles de polen externo, a pesar de que se encuentren relativamente alejados de poblaciones de la misma especie (Friedman y Adams, 1985). Los valores de contaminación generalmente son superiores a 40%, como en *Pinus taeda* L. (Adams y Burczyk, 2000) y *Picea abies* (L.) H. Karst (Pakkanen *et al.*, 2000), aunque pueden variar desde menos de 10%, como en *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (Ritland y El-Kassaby, 1985), a más de 85%, como en *Pinus brutia* Ten. (Kaya *et al.*, 2006).

El potencial de contaminación de polen externo en un huerto semillero depende del grado de aislamiento (físico, fenológico o por distancia) con respecto a otras fuentes no deseadas de polen y de la capacidad de producción de polen en el huerto, que compita con la fuente externa (Di-Giovanni y Kevan, 1991). En este caso, el momento de la liberación del polen es afectado por la temperatura, la humedad y los grados-calor o grados-día acumulados durante el proceso de diferenciación y desarrollo posterior de las estructuras reproductivas (Huusko y Hicks, 2009). Por otro lado, la capacidad de producción de polen en un huerto semillero y el grado de competencia con el polen externo, depende de la edad y tamaño de copa en los individuos dentro del huerto (Caron y Powell, 1989).

En el año 2003 se estableció un huerto semillero clonal de *Pinus patula* Schl. et Cham. en Aquixtla, Puebla, México, a una elevación de 2860 m, en donde existen rodales naturales de *P. patula*, por lo que existe un riesgo potencial de contaminación genética. En este trabajo se evaluó la cantidad de polen presente dentro del huerto y en rodales naturales vecinos. Los objetivos fueron: a) estimar la variación espacial y temporal en la dispersión de polen dentro





del huerto de *P. patula* y en rodales naturales de la misma especie cercanos al huerto a lo largo de un transecto altitudinal, y b) determinar si la variación en el periodo de dispersión del polen de un año a otro a lo largo del transecto altitudinal está relacionada con las condiciones meteorológicas y grados-día acumulados.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un huerto semillero asexual de *Pinus patula* de 10 años de edad, establecido mediante injertos en la Reserva Forestal Multifuncional “El Manantial”, en el municipio de Aquixtla, Puebla, México (19° 43′ 13” N, 97° 59′ 20” O; 2,860 m). Cubre una superficie de 1.2 ha, en un diseño completamente al azar, con un espaciamiento de 3x3 m con diferente número de rametos (1-22) por clon. También se muestrearon cuatro rodales naturales coetáneos de la especie a lo largo de un transecto altitudinal (2,807-3,011 m) a una distancia de 150 a 1,000 m del centro del huerto, con edades del arbolado de 16 a 45 años.

Para cuantificar la variación espacial y temporal en la presencia de polen, en el huerto se ubicaron cinco sitios de muestreo, uno en el centro y cuatro en la periferia, a una distancia de 9 a 12 m del borde, cada uno con cuatro trampas; fuera del huerto se establecieron cuatro trampas en cada uno de los rodales naturales (R₁-R₄) a lo largo del transecto altitudinal. Las trampas consistieron en portaobjetos colocados en una plataforma con una veleta a una altura de 6 m sobre el nivel del suelo. Los portaobjetos se cambiaron cada 72 horas durante el periodo de dispersión de polen en cada año de evaluación. El conteo de granos de polen se hizo directamente en cada portaobjeto dividido en ocho secciones de 1 cm² y cuatro de estas secciones se muestrearon en forma de zig-zag con ayuda de un microscopio óptico.

Durante 2014 y 2015 la información meteorológica se obtuvo de tres micro-estaciones automatizadas; las variables registradas fueron temperatura máxima, mínima y media por día y precipitación diaria en los meses previos y durante el periodo de dispersión del polen. Para calcular los grados-día (GD) se utilizaron las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas desde el primer día de enero en cada año hasta el fin del periodo de dispersión. Los grados-día acumulados se calcularon con la siguiente ecuación en donde se consideró una temperatura umbral de 6°C:





$$GD = \left[\frac{T^{\circ}\text{máx} + T^{\circ}\text{mín}}{2} \right] - T^{\circ}\text{ umbral}$$

Se estimó la cantidad de polen de *P. patula* por cm^2 , así como la fecha de inicio y terminación (número de días a partir del 1 de enero), la duración del periodo de dispersión y fecha en que se alcanzó el 50% del total de polen dispersado. Las trampas se consideraron como repeticiones en cada sitio. Para cada trampa se generó una curva acumulada de dispersión de polen por ciclo reproductivo (2014 y 2015), a partir de la cual se determinaron las fechas en que se alcanzó 5 y 95% del total de polen dispersado en el periodo, que se consideraron como fechas de inicio y terminación del periodo de dispersión, respectivamente. El análisis de varianza para determinar la variación espacial y temporal en la dispersión del polen se realizó con el procedimiento *Mixed* del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002). Se utilizó el siguiente modelo estadístico, en el que todos los factores se consideraron de efectos fijos, excepto el error:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + A_iP_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : valor promedio del sitio en la población [huerto semillero o rodal natural] en el año.

μ : media general.

A_i : efecto del año de evaluación.

P_j : efecto de la población.

A_iP_j : efecto de la interacción del año con la población.

ε_{ijk} : error.

En todos los análisis, los factores año y zona (o rodal) se consideraron como efectos fijos. Los datos de conteo de granos de polen fueron transformados con la raíz cuadrada del valor original previo al análisis, para homogeneizar las varianzas y ajustar los residuales a una distribución normal; después del análisis, los valores promedio obtenidos fueron re-transformados a su escala original.





Resultados y discusión

Cantidad y periodo de dispersión de polen en el huerto semillero y en los rodales naturales

Todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre años y entre poblaciones [huerto semillero (HS) vs. rodales naturales (RN)]. La cantidad promedio de polen (granos cm^{-2}) aumentó al doble en 2015 con respecto a 2014; el polen presente en el HS, en promedio de los dos años de evaluación, fue 2.5 veces mayor que en los RN (Cuadro 1). La mayor cantidad de granos de polen por unidad de superficie encontrada en el HS puede estar asociada a diferencias en vigor de los árboles y en densidad de población con respecto a los RN, ya que se trata de individuos más jóvenes en edad reproductiva (injertos de 10-11 años de edad en el HS vs. 15-45 años de edad en los RN) y con una mayor densidad poblacional (1,130 árboles/ha en el HS vs. 400-1,500 árboles/ha en los RN).

Cuadro 1. Valores promedio de cantidad de polen, fechas y duración de la dispersión en el huerto semillero y en rodales naturales de *Pinus patula*. Valores promedio dentro de cada factor seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

Factor y niveles	Polen (granos cm^{-2})	Fechas del periodo de dispersión (días a partir del 1 de enero)			Duración (días)
		Inicio	50%	fin	
<u>Año:</u>					
2014	877 b	64.9 b	72.8 b	77.2 b	12.3 b
2015	1,716 a	73.6 a	86.7 a	89.9 a	16.3 a
<u>Población:</u>					
Huerto semillero	1,883 a	65.3 b	79.0 b	83.2 a	17.9 a
Rodales naturales	764 b	73.2 a	80.5 a	83.9 a	10.6 b

En 2015 el periodo de dispersión de polen se retrasó en el HS y en los RN; por lo que el periodo de dispersión se alargó cuatro días en el segundo año (16.3 vs. 12.3 días). En el HS la dispersión de polen inició en promedio ocho días antes que, en los RN, pero el 50% de la dispersión se alcanzó solo dos días antes y el final ocurrió casi al mismo tiempo que en los RN, por lo que la dispersión de polen en el huerto tuvo una duración mayor (18 vs. 11 días en promedio). Las diferencias fenológicas en el periodo de dispersión del polen entre ambas





poblaciones también reducen los riesgos de contaminación por polen externo (Di-Giovanni y Kevan, 1991). Las diferencias en el inicio y duración se debieron, al menos en parte, a la menor edad de los árboles en el huerto y a la variación genética en fenología reproductiva de los clones representados en éste (Hernández-Zaragoza *et al.*, 2016). La dispersión de polen en huertos semilleros jóvenes puede ocurrir antes que, en rodales naturales, porque en árboles jóvenes el periodo de crecimiento del brote generalmente inicia antes y en los huertos el espaciamiento es mayor (Torimaru *et al.*, 2009).

Variación espacial y temporal en la dispersión del polen en el huerto semillero

Todas las variables evaluadas, excepto la duración del periodo de dispersión, mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre años y entre zonas del HS. La cantidad de polen dispersado aumentó al doble en 2015 con respecto a 2014 (3,008 vs. 1,536 granos cm^{-2}). De manera similar, la cantidad de polen capturado en la parte central del huerto fue 74% mayor que en la periferia en los dos años (Cuadro 2; Figura 1). El inicio y fin de la dispersión de polen se retrasó 12 días en promedio en el ciclo 2015 con respecto al ciclo 2014, mientras que la fecha en que se alcanzó 50% de dispersión total se retrasó en 15 días, del día 72 en 2014, al día 87 en 2015. Las diferencias entre zonas en las fechas de dispersión de polen fueron menores, con uno a tres días de adelanto en el inicio, 50% y fin del periodo de dispersión del polen en la periferia con respecto al centro del huerto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedio de cantidad de polen, fechas y duración de la dispersión por año y zona en el huerto semillero de *Pinus patula*. Valores promedio dentro de cada factor seguidos por la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

Factor y niveles	Polen (granos cm^{-2})	Fechas del periodo de dispersión (días a partir del 1 de enero)			Duración (días)
		inicio	50%	fin	
<u>Año:</u>					
2014	1,536 b	60.2 b	71.9 b	77.1 b	16.9 a
2015	3,008 a	71.8 a	86.7 a	89.8 a	18.0 a
<u>Zona del huerto:</u>					
Centro	2,863 a	67.1 a	79.9 a	83.8 a	16.6 a
Periferia	1,643 b	64.8 b	78.8 b	83.1 b	18.3 a



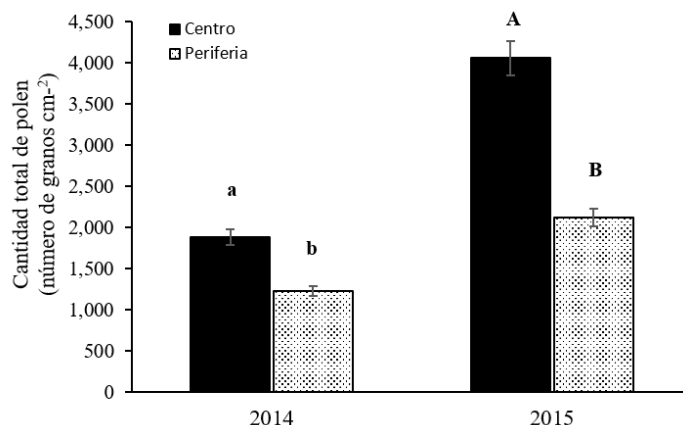


Figura 1. Cantidad de polen (granos de polen cm⁻²) capturado en la zona centro (C) y periferia (P) del huerto semillero de *Pinus patula* en 2014 y 2015. Columnas dentro de un año de evaluación con distinta letra indica diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$) entre zonas del huerto semillero.

La cantidad mayor de polen y el retraso en el periodo de dispersión en el centro del huerto con respecto a la periferia pueden estar asociados a un efecto de “borde”, con un menor número de árboles en el vecindario y cambios en el microambiente suficientes para modificar ligeramente la fenología de la dispersión del polen. Nikkanen *et al.* (2002) también encontraron una amplia variación en la densidad de polen en diferentes zonas de un huerto semillero de *Picea abies*, la que atribuyeron a factores asociados con la densidad del arbolado, el tamaño del huerto, la dirección del viento y diferencias fenológicas en la dispersión de polen en los vecindarios dentro del huerto.

Relación del periodo de dispersión de polen con las variables meteorológicas y grados-día

El periodo de dispersión en ambos años inició cuando se acumularon entre 255-260 GD contados a partir del 1º de enero, mientras que el 50% de dispersión se alcanzó con 330 GD y el final ocurrió al acumularse entre 340 y 370 GD (Figura 2A). En los RN, a lo largo del transecto, los periodos de dispersión ocurrieron a diferentes GD acumulados. En el ciclo 2014, la dispersión de polen en los rodales R₁ y R₂ inició cuando se acumularon entre 315 y 335 GD, mientras que en los rodales de mayor altitud (R₃ y R₄) ocurrió cuando se acumularon entre 185 y 205 GD (Figura 2B). Para el ciclo 2015, en los rodales R₁ y R₂ la



dispersión inició al acumularse entre 260 y 280 GD, mientras que en R₃ y R₄ ocurrió con 170 y 190 GD (Figura 2C).

En *Pseudotsuga menziesii* (Erickson y Adams, 1989) y *Pinus radiata* D. Don (Codesido *et al.*, 2005) se ha encontrado que la duración del periodo de dispersión de polen depende de las condiciones meteorológicas en cada ciclo reproductivo; el inicio de la floración se correlacionó positivamente con los GD acumulados en la etapa previa de crecimiento. Esto indica que el tiempo requerido para iniciar el periodo de floración está bajo un fuerte control genético y fisiológico; la floración está sincronizada con la suma de GD (Boes *et al.*, 1991) ya que la temperatura influye sobre la velocidad de desarrollo de las estructuras reproductivas. La cantidad menor de GD requeridos en los dos rodales situados a mayor altitud en el transecto altitudinal sugiere el valor adaptativo de esta característica en las poblaciones naturales de la especie y explica, en parte, el periodo mayor de dispersión de polen en el huerto y la mayor variación en la fenología reproductiva de los clones.

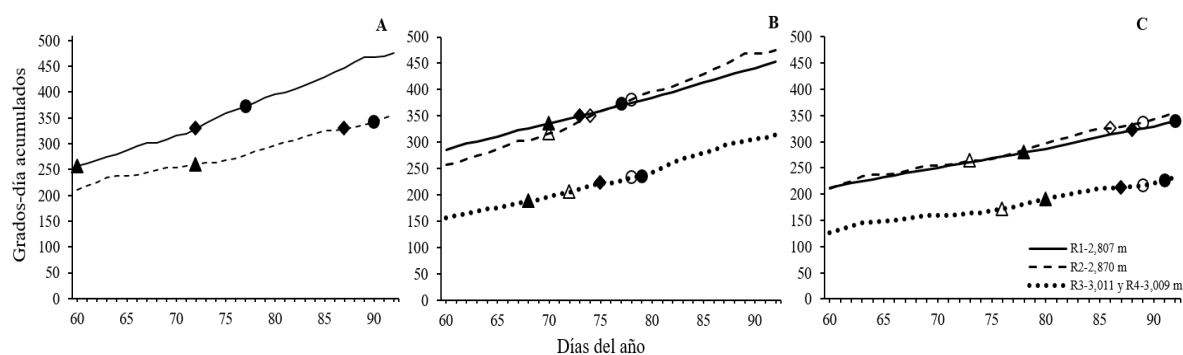


Figura 2. Relación del periodo de dispersión del polen con los grados-día acumulados en los ciclos 2014 (línea continua) y 2015 (línea discontinua) en el huerto semillero de *Pinus patula* (A) y en los rodales naturales a lo largo del transecto altitudinal para los ciclos 2014 (B) y 2015 (C). Los símbolos a lo largo de las líneas indican las fechas de inicio (▲, △), 50% (◆, ◇) y fin (●, ○) del periodo de dispersión.

Las diferencias entre años en el periodo de dispersión de polen en el huerto se relacionaron también con diferencias en temperatura y precipitación en los días antes y durante la dispersión (Figura 3A y 3B). La mayor amplitud en el periodo de dispersión del polen en 2015 se relacionó con una temperatura máxima más baja y una precipitación abundante, en particular durante los días previos e inicio del periodo de dispersión. La temperatura y la precipitación también influyen en el inicio y duración del periodo de dispersión del polen, así como en la dinámica de dispersión de un año a otro; estos dos factores están asociados con





la acumulación de grados-día, pero también influyen sobre la humedad relativa de la atmósfera (Boes *et al.*, 1991). La presencia de lluvias frecuentes durante el periodo de dispersión ocasiona la pérdida de polen y suspende temporalmente la dispersión (Codesido *et al.*, 2005).

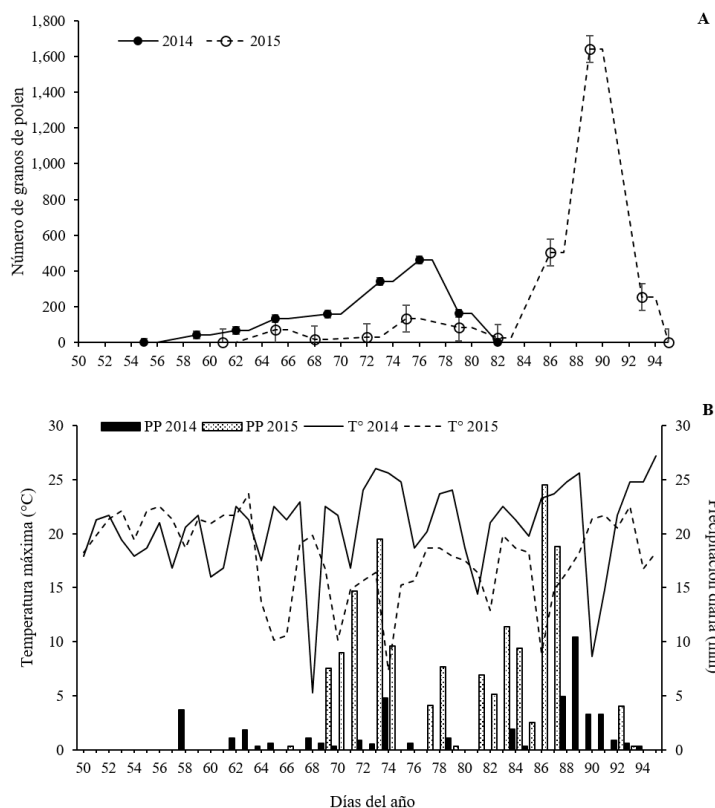


Figura 3. A) Curva de dispersión de polen en el huerto semillero de *Pinus patula*, con base en los granos de polen capturados en las trampas durante los ciclos 2014 (línea continua) y 2015 (línea discontinua); y B) temperatura máxima (°C) y precipitación (mm) diarias registradas durante el periodo de dispersión en 2014 y 2015.

Conclusiones

1. Se concluye que en el huerto de *Pinus patula* hay una cantidad mayor de polen que en los rodales naturales de manera consistente en los dos años evaluados y que, el polen dispersado aumenta en el segundo año. 2. La dispersión de polen en el huerto semillero inicia antes que, en los rodales naturales, pero presenta un periodo de dispersión más





amplio, lo que genera un fuerte traslape en el periodo de dispersión del polen dentro y fuera del huerto. La dispersión de polen es mayor en el centro que en la periferia y ocurre con uno a tres días de retraso, lo cual sugiere que el riesgo de contaminación genética por polen externo difiere en estas zonas dentro del huerto. 3. La relación fenológica de la dispersión del polen con los grados-día acumulados en los dos años de evaluación en el huerto y en los rodales naturales sugiere una relación adaptativa en la que la dispersión del polen requiere una cantidad menor de grados-día al aumentar la elevación. 4. Existe riesgo de contaminación genética en el huerto de *Pinus patula* y debido a la dificultad para aislarlo físicamente de las poblaciones naturales vecinas, se recomienda implementar prácticas de manejo en el huerto para adelantar su periodo de floración, aumentar la producción de polen y su efectividad en la fecundación de los óvulos.

Literatura citada

- Adams, W. T. and J. Burczyk. 2000. Magnitude and implications of gene flow in gene conservation reserves. p. 215-224. In Young, A., D. Boshier y T. Boyle. (eds.). Forest Conservation Genetics: Principles and Practice. CSIRO Publishing. Collingwood, Victoria, Australia.
- Boes, T. K., J. R. Brandle and W. R. Lovett. 1991. Characterization of flowering phenology and seed yield in a *Pinus sylvestris* clonal seed orchard in Nebraska. *Can. J. For. Res.* 21:1721-1729.
- Caron, G. E. and G. R. Powell. 1989. Patterns of seed-cone and pollen-cone production in young *Picea mariana* trees. *Can. J. For. Res.* 19:359-364.
- Codesido, V., E. Merlo and J. Fernández-López. 2005. Variation in reproductive phenology in a *Pinus radiata* D. Don seed orchard in northern Spain. *Silvae Genet.* 54:246-256.
- Di-Giovanni, P. and P. G. Kevan. 1991. Factors affecting pollen dynamics and its importance to pollen competition: a review. *Can. J. For. Res.* 21:1151-1170.
- Ericksson, V. J. and W. T. Adams. 1989. Mating success in a costal Douglas-fir seed orchard as affected by distance and floral phenology. *Can. J. For. Res.* 19:1248-1255.





- Friedman, S. T. and W. T. Adams. 1985. Estimation of gene flow into two seed orchards of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Theor. Appl. Genet.* 69:609-615.
- Hernández-Zaragoza, O., J. López-Upton, J. J. Vargas-Hernández y M. Jiménez-Casas. 2016. Variación clonal de la fenología reproductiva en un huerto semillero de *Pinus patula*. *Bosque* 37:255-264.
- Huusko, A. and S. Hicks. 2009. Conifer pollen abundance provides a proxy for summer temperature evidence from the latitudinal forest limit in Finland. *J. Quat. Sci.* 24:522-528.
- Kaya, N., K. Isik and W. T. Adams. 2006. Mating system and pollen contamination in a *Pinus brutia* seed orchard. *New Forests* 31:409-416.
- Lowe, W. J. and N. C. Wheeler. 1993. Pollen contamination in seed orchards. p. 49-53. In Bramlett, D. L., G. R. Askew, T. D. Blush, F. E. Bridgwater and J. B. Jett. (eds.). *Advances in pollen management. Agriculture Handbook 698.* Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC, U.S.
- Nikkanen, T., A. Pakkanen and J. Heinonen. 2002. Temporal and spatial variation in airborne pollen and quality of the seed crop in a Norway spruce seed orchard. *For. Genet.* 9:243-255.
- Pakkanen, A., T. Nikkanen and P. Pulkkinen. 2000. Annual variation in pollen contamination and outcrossing in a *Picea abies* seed orchard. *Scand. J. For. Res.* 15:399-404.
- Ritland, K. and Y. A. El-Kassaby. 1985. The nature of inbreeding in a seed orchard of Douglas fir as shown by an efficient multilocus model. *Theor. Appl. Genet.* 71:375-384.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute. 2002. SAS/STAT Computer Software. Release 9.00. SAS Institute Inc. Cary.
- Torimaru, T., X. R. Wang, A. Fries, B. Andersson and D. Lindgren. 2009. Evaluation of pollen contamination in an advanced Scots pine seed orchard. *Silvae Genet.* 58:262-269.





DIVERSIDAD GENÉTICA DE *Dioon holmgrenii* De Luca, Sabato & Vázq. Torres (Cycadales: Zamiaceae)

Mario Valerio Velasco García^{191*} y Carlos Ramírez Herrera¹⁹²

Resumen

Dioon holmgrenii es endémica y de distribución restringida al sur de Oaxaca, México; además está catalogada como en peligro de extinción. La mayoría de las poblaciones de esta especie son pequeñas y están fragmentadas, debido a perturbaciones humanas, pero no se conoce la diversidad genética de todas ellas. El objetivo de este estudio fue determinar la diversidad genética de poblaciones de *D. holmgrenii*. El ADN se extrajo en foliolos de 285 plantas recolectadas en nueve poblaciones. Seis loci microsatélites se amplificaron mediante PCR y la electroforesis se realizó con secuenciador de ADN. Sesenta y seis alelos se encontraron en las poblaciones. Todos los parámetros de diversidad tuvieron diferencias entre poblaciones ($p < 0.0001$), excepto el número de alelos por locus y la heterocigosidad observada ($p \geq 0.4868$). El número promedio de alelos por locus fue 4.7, porcentaje de loci polimórfico 96.3, heterocigosidad observada 0.761, heterocigosidad esperada 0.603, índice de fijación -0.205 e índice de diversidad de Shannon 1.127. Los componentes principales de los parámetros de diversidad genética agruparon a las poblaciones en dos grupos (occidentales y orientales). La diversidad genética fue alta, pero el tamaño y el grado de perturbación influyen en los niveles diversidad genética de sus poblaciones.

Palabras clave: loci polimórfico, heterocigosidad, índice de fijación, endémico

¹⁹¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *taxodium01@hotmail.com

¹⁹² Colegio de Postgraduados.





Introducción

Los Cycadales tienen importancia evolutiva debido a su origen ancestral, que data de entre 280 y 345 Ma (Condamine *et al.*, 2015). Mantienen interacciones específicas con organismos para la dispersión de semillas, polinización, obtención de nitrógeno y agua, además de constituir el único alimento para algunas especies de mariposas (Ruiz *et al.*, 2015; Terry *et al.*, 2012;). México ocupa el segundo lugar en diversidad de cícadas, con 54 especies de la familia Zamiaceae, de las cuales, alrededor del 90% son endémicas (Nicolalde *et al.*, 2014). *Dioon holmgrenii* De Luca, Sabato & Vázq. Torres es endémica de México y crece en poblaciones aisladas en la vertiente del Pacífico de la Sierra Sur de Oaxaca (Velasco *et al.*, 2016). El cambio de uso de suelo por agricultura de temporal y ganadería intensiva cambia la estructura poblacional y la dispersión espacial de los individuos, y conduce a la fragmentación, aislamiento y reducción del tamaño de las poblaciones (Velasco *et al.*, 2016). Debido a lo anterior, *D. holmgrenii* está listada en el Apéndice II de CITES y está en peligro de extinción (Chemnick *et al.*, 2010; CITES, 2015; SEMARNAT, 2010).

La evaluación de la diversidad genética de las poblaciones de las especies es importante para el diseño de planes para su conservación (Frankham *et al.*, 2002). En este sentido, aunque la diversidad genética del género *Dioon* se ha evaluado con marcadores isoenzimáticos (Cabrera-Toledo *et al.*, 2010; González-Astorga *et al.*, 2008; Octavio-Aguilar *et al.*, 2009), los estudios con marcadores microsatélites aún son escasos. En cuanto a *D. holmgrenii*, solo existe información de la diversidad genética de dos poblaciones (González *et al.*, 2008; Prado *et al.*, 2016), pero falta información sobre la diversidad genética de la mayoría de las poblaciones de la especie, considerando que al menos 10 poblaciones existen en la sierra Sur de Oaxaca (Velasco *et al.*, 2016). Dada la importancia y la situación crítica de *D. holmgrenii*, el conocimiento de la diversidad genética de todas sus poblaciones es necesario para identificar problemas de endogamia, exogamia y mutaciones deletéreas (Frankham *et al.*, 2002), así como parámetros para diseñar programas de conservación. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar la diversidad genética de nueve poblaciones de *D. holmgrenii* con marcadores microsatélites nucleares.





Materiales y métodos

En nueve poblaciones de *D. holmgrenii* se muestrearon folíolos de 30 a 36 individuos (285 en total) de todos los estadios de desarrollo. El ADN se extrajo en 100 mg de tejido utilizando un robot de extracción de ADN y el paquete comercial ChargeSwitch® gDNA Plant DNA extraction. La calidad y la concentración del ADN se determinaron con un espectrómetro de volumen ultra bajo. Mediante geles de agarosa se probaron 17 iniciadores para seleccionar los seis utilizados en este estudio (Cuadro 1). Con pruebas y observaciones en los geles de agarosa se ajustaron los protocolos de PCR (Velasco, 2016). Los iniciadores se marcaron con etiquetas fluorescentes en el extremo 5' y, por similitud de temperatura de alineamiento, se agruparon para la PCR múltiple (Cuadro 1), el cual se realizó con un termociclador (C1000™ Thermal Cycler, Bio Rad®).

Cuadro 1. Características de los iniciadores de microsatélites SSR para nueve poblaciones de *Dioon holmgrenii*.

Grupo	Locus	Iniciador (5'-3')	Unidad Repetida	Número de alelos	Tamaño (pb)	TA (°C)
1	Ed3	F: GCATGAGGAGCTTGTTCCGT R: CTGTGAACTCCTGAAAGCATC	(CT) ₁₉	7	88-98	58.1
1	Cap5	F: CACTACCACCCCTATACCAC R: GACTTGAGCTTGTCTTTGTTG	(CT) ₂₃	7	162-173	58.1
2	Ed5	F: AGGCATAAATGGCTAAGCATAAC R: GCATTTCTAGTGGACAAACCAG	(AG) ₁₆	12	149-167	57.3
2	Ed6	F: ATGCAGATGAAACACACCC R: TCCTAACCATCCATCACTACC	(TGG) ₈	5	119-154	57.3
3	1660	F: GGTGCTGAAGAGGAAGAAGAA R: AGGGGAGAAGACATAACAAAGT	(GAA) ₁₆	14	171-248	58.9
3	Zam29	F: ACTTCCTACCTAAAGATGCTA R: TCCTGCTTACTTTAGATGCT	(AGT) ₁₅	13	161-247	58.9

F: iniciador hacia adelante. R: iniciador en reversa. TA: temperatura de alineamiento.

Los alelos se identificaron con el programa GeneMapper® (Applied-Biosystem, 2005) y se nombraron dentro de cada locus de acuerdo a su tamaño en pares de bases. Con el programa InfoGene (Balzarini y Di Rienzo, 2016) se realizó un análisis de varianza molecular (AMOVA) y se obtuvo la diversidad genética de las poblaciones (DG); los valores de DG





fueron comparados con la prueba de Friedman. El número promedio de alelos por locus, porcentaje de loci polimórficos, heterocigosidad observada, heterocigosidad esperada, índice de fijación (F) (Wright, 1951) e índice de Shannon (H') (Shannon y Weaver, 1949) se calcularon con el programa POPGENE 1.31 (Yhe *et al.*, 1997). De cada parámetro de diversidad genética se obtuvieron 5,000 remuestreos *bootstrap* en cada población y se obtuvo el componente principal de estos. Las diferencias entre poblaciones de los parámetros de diversidad genética y de los componentes principales uno ($CP1$) y dos ($CP2$) se determinaron con pruebas no paramétricas de varianza y comparaciones múltiples de rangos (Conover e Iman, 1981) usando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

Resultados y discusión

En las poblaciones de *D. holmgrenii* 66 alelos se encontraron en los seis loci incluidos en este estudio. El porcentaje de alelos comunes varió entre 72 y 90%, mientras que el porcentaje de alelos raros fluctuó entre 5.1% en la población de Ocotlán y 28% en Cerro Caballo. Nueve alelos exclusivos se encontraron en cuatro poblaciones (Río Leche, Ocotlán, Rancho El Limón y Cerro Antiguo). Todos los loci fueron polimórficos, excepto el loci Ed6 en la población Rancho El Limón y el loci Zam29 en Cieneguilla (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diversidad genética de nueve poblaciones de *Dioon holmgrenii*.

Población	DG	PLP	NA	Ho	He	IF	H'	CP1	CP2
Río Leche	0.723ab [†]	100	6.2 a	0.964a [†]	0.737b [†]	-0.352c [†]	1.452b [†]	2.59b [†]	0.23c [†]
La Lima	0.625bc	100	6.5a	0.978a	0.636d	-0.601a	1.112d	2.29c	-1.98i
Ocotlán	0.778a	100	6.5a	0.952a	0.790a	-0.231f	1.651a	2.96a	1.36a
Rancho Viejo	0.484c	100	3.3a	0.666a	0.496f	-0.121e	0.872h	-1.78g	0.07d
Rancho el Limón	0.492bc	83	3.7a	0.610a	0.500f	-0.108e	0.899g	-2.42i	0.01e
Cerro Antiguo	0.599bc	100	4.3a	0.628a	0.611c	-0.091g	1.145c	-0.67e	1.07b
Cieneguilla	0.508bc	83	3.8a	0.636a	0.518c	-0.209h	0.975c	-1.90h	-0.32g
Cerro Caballo	0.563bc	100	4.1a	0.735a	0.574f	-0.299b	1.018e	-0.34d	-0.42h
San Bartolomé	0.555bc	100	4.0a	0.683a	0.565e	-0.227d	1.018f	-1.73f	-0.02f
Promedio	0.592	96.3	4.7	0.761	0.603	-0.205	1.127	-0.11	0.00

DG: diversidad genética; PLP: porcentaje de loci polimórficos; NA: número de alelos por locus; Ho: heterocigosidad observada; He: heterocigosidad esperada; IF: índice de fijación; H': índice de diversidad de Shannon; CP1: componente principal uno; CP2: componente principal dos de los índices de diversidad. [†]Medias con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).





El AMOVA mostró que existe variabilidad genética entre las nueve poblaciones ($p < 0.0001$) y dentro de cada una de ellas ($p < 0.0001$). La diversidad genética (DG) fue diferente entre poblaciones ($p = 0.0062$). El número de alelos por locus (NA) y la heterocigosidad observada (H_o) no fueron diferentes ($p \geq 0.4868$) entre poblaciones, mientras que la heterocigosidad esperada (H_e), el índice de fijación (IF) y el índice de diversidad de Shannon (H') fueron diferentes ($p < 0.0001$) entre poblaciones (Cuadro 2).

Generalmente, la diversidad genética es baja en especies de plantas con poblaciones pequeñas, como consecuencia de la deriva genética y endogamia (Hedrick, 2000; Leimu *et al.*, 2006). Sin embargo, en *D. holmgrenii* la diversidad genética fue alta, a pesar de que, como reporta, esta cícada crece en poblaciones fragmentadas y aisladas (Velasco *et al.*, 2016). El valor de diversidad genética en *D. holmgrenii* en este estudio fue superior a los valores de diversidad genética encontrados en especies endémicas y leñosas perennes (Hamrick, 2004; Hamrick y Godt, 1996). Esto confirmó que especies raras como algunas especies del género *Dioon* conservan niveles altos de diversidad genética (Cabrera *et al.*, 2008; González *et al.*, 2008; Prado *et al.*, 2016). La diversidad genética alta de *D. holmgrenii* puede ser consecuencia de la longevidad de los individuos, la historia evolutiva y el sistema de cruzamiento de la especie (Cabrera *et al.*, 2008; 2010).

El porcentaje de loci polimórficos (PLP) de todas las poblaciones de *D. holmgrenii* fue superior al de *D. angustifolium* ($PLP = 71.43$) y *D. edule* ($PLP = 48.57$) evaluadas con marcadores microsatélites (Moynihan *et al.*, 2012), así como al de todas las especies del género *Dioon* ($PLP = 52.4$ a 83.15) evaluadas con isoenzimas (Cabrera *et al.*, 2008; 2010; González *et al.*, 2003; 2005; 2008), excepto *D. edule* ($PLP = 95.41$) y *D. merolae* ($PLP = 96.3$) (Cabrera *et al.*, 2010; Octavio *et al.*, 2009). Rancho El Limón y Cieneguilla tuvieron los porcentajes de loci polimórficos más bajos, valores inferiores a los porcentajes reportados para *D. merolae* ($PLP = 96.3$) (Cabrera *et al.*, 2010) y *D. edule* ($PLP = 95.41$) (Octavio *et al.*, 2009), similares a aquellos para *D. caputoi*, *D. sonorensis* y *D. tomasellii* ($PLP = 78.95$ a 83.15) (Cabrera *et al.*, 2008; González *et al.*, 2008), pero superiores a los de *D. edule*, *D. angustifolium* y *D. caputoi* ($PLP = 52.4$ a 76.90) evaluadas con isoenzimas (Cabrera *et al.*, 2010; González *et al.*, 2003; 2005;). Los PLP de las poblaciones Rancho El Limón y San Bartolomé fueron mayores al promedio reportado para dichas poblaciones evaluadas con





isoenzimas, los cuales por lo regular son menores que con microsatélites (González *et al.*, 2008).

El número promedio de alelos por locus (NA) resultó superior, en todas las poblaciones de *D. holmgrenii*, al reportado para *D. angustifolium* ($NA = 1.93, 2.86$) y *D. edule* ($NA = 1.91$) (Moynihan *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2016); pero menor, en la mayoría de las poblaciones de *D. holmgrenii*, a los valores reportados para *D. edule* ($NA = 5.86$) y *D. spinulosum* Dyer ex Eichler ($NA = 5.57$) (Prado *et al.*, 2016). El NA de las poblaciones Rancho El Limón y San Bartolomé fueron ligeramente superiores al promedio reportado para las mismas poblaciones evaluadas con microsatélites ($NA = 3.57$) (Prado *et al.*, 2016) y muy superiores al promedio obtenido mediante isoenzimas ($NA = 1.71$) (González *et al.*, 2008).

La H_o y H_e de las poblaciones de *D. holmgrenii* fueron superiores o similares a los promedios de otras especies de los géneros *Dioon* ($H_o = 0.291$ a 0.664) (Moynihan *et al.*, 2012; Prado *et al.*, 2016). Los valores de H_o y H_e obtenidos para las poblaciones Rancho El Limón y San Bartolomé fueron menores ($H_o = 0.647$; $H_e = 0.532$) que los valores ($H_o = 0.676$; $H_e = 0.606$) reportados para las mismas poblaciones usando microsatélites distintos a los usados en este estudio (Prado *et al.*, 2016), mientras que los valores de H_o y H_e obtenidos con isoenzimas fueron menores ($H_o = 0.204$; $H_e = 0.170$) (González *et al.*, 2008).

Aun cuando el $CP1$ mostró que todas las poblaciones fueron diferentes entre ellas, tres poblaciones tuvieron valores positivos y los demás valores negativos (Cuadro 2), estas poblaciones conforman dos grupos al graficar el $CP1$ y $CP2$ (Figura 1); en el primer grupo se ubican al poniente (Occidentales) y en el segundo al oriente (Occidentales) del Río Verde. Entre las poblaciones del primer grupo, Ocotlán tuvo el valor mayor del $CP1$ y $CP2$ por tener mayor superficie, mientras que La Lima tuvo el valor menor por ser la población más afectada por la agricultura de temporal y la ganadería intensiva (Velasco *et al.*, 2016). Entre las poblaciones del segundo grupo, Cerro Caballo tuvo valor mayor del $CP1$ por ser la población menos perturbada, mientras que Rancho El Limón tuvo el valor menor por ser una población reducida de menos de 5 ha y más afectada por la ganadería intensiva (Velasco *et al.*, 2016). La combinación entre el tamaño y los niveles de perturbación en las poblaciones parecen definir los niveles de diversidad genética de las poblaciones de *D. holmgrenii*.



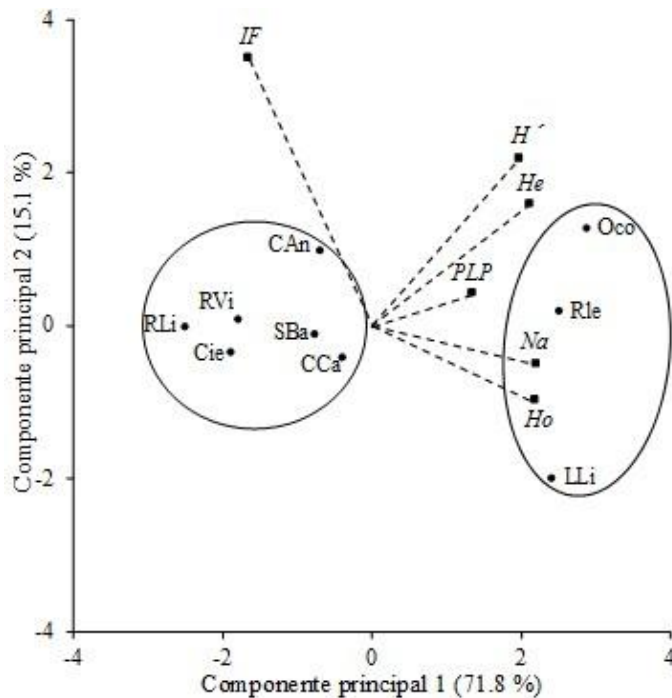


Figura 1. Agrupamiento de poblaciones (Rli = Río Leche, RVi = Rancho Viejo, Cie = Cieneguilla, CAn = Cerro Antiguo, SBa = San Bartolomé, CCa = Cerro Caballo, Oco = Ocotlán, Rle = Río Leche, LLi = La Lima) de *Dioon holmgrenii* con base en dos componentes principales (CP1 y CP2) de los parámetros de diversidad genética (PLP = porcentaje de loci polimórficos, Na = número de alelos por locus, Ho = heterocigosidad observada, He = heterocigosidad esperada, H' = índice de diversidad de Shannon, IF = índice de fijación).

Conclusiones

1. Esta investigación confirma que *Dioon holmgrenii* conserva niveles altos de diversidad genética.
2. *D. holmgrenii* posee diferenciación genética mayor entre sus poblaciones que otras especies del género *Dioon*.
3. Dos grupos de poblaciones de *D. holmgrenii* se formaron de acuerdo al análisis multivariado.

Agradecimientos

A las autoridades, poseedores de los terrenos y guías de campo, así como a Eduardo Molina García y Janet Díaz Ríos por permitir y apoyar en el muestreo. A Laura Carrillo Reyes, Oscar G. Vázquez C. y Norma P. Mendoza Hernández por el apoyo en el trabajo de laboratorio.





Literatura citada

- Applied-Biosystem. 2005. GeneMapper® software version 4.0 reference and troubleshooting guide. Foster City, CA.
- Balzarini, M. G. y J. A. Di Rienzo. 2016. InfoGen versión 2016. FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. URL <http://www.info-gen.com.ar>
- Cabrera, T. D., J. González A. and A. P. Vovides. 2008. Heterozygote excess in ancient populations of the critically endangered *Dioon caputoi* (Zamiaceae, Cycadales) from central Mexico. Bot. J. Linn. Soc. 158:436-447.
- Cabrera, T. D., J. González A., F. Nicolalde M., F Vergara S. and A. P. Vovides. 2010. Allozyme diversity levels in two congeneric *Dioon* spp. (Zamiaceae, Cycadales) with contrasting rarities. Plant. Syst. Evol. 290:115-125.
- Chemnick, J., T. Gregory and S. Morales. 2010. *Dioon holmgrenii*. The IUCN red list of threatened species. Version 2014.2. <http://www.iucnredlist.org/details/42129/0> [Accessed 11 march 2018].
- CITES 2015. The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III. Valid from 05 February 2015. Geneva, Switzerland. www.cites.org/eng/app/appendices.php. [Accessed 11 March 2016].
- Condamine, F. L., N. S. Nagalingum, C. Marshall and H. Morlon. 2015. Origin and diversification of living cycads: a cautionary tale on the impact of the branching process prior in Bayesian molecular dating. BMC Evol. Biol. 15:65.
- Conover, W. J. and R. L. Iman 1981. Rank transformation as a bridge between parametric and nonparametric statistics. Am. Stat. 35:124-129.
- Frankham, R., J. D. Ballou and D. A. Briscoe. 2002. Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 617 p.
- González, A. J, A. P. Vovides, A. Cruz A., P. Octavio A. and C. Iglesias. 2005. Allozyme variation in three extant populations of the narrowly endemic cycad *Dioon angustifolium* Miq. (Zamiaceae) from North-eastern Mexico. Ann. Bot. 95:999-1007.
- González, A. J, A. P. Vovides, M. M. Ferrer and C. Iglesias. 2003. Population genetics of *Dioon edule* Lindl. (Zamiaceae, Cycadales): biogeographical and evolutionary implications. Biol. J. Linn. Soc. 80:457-467.





- González, A. J., F. Vergara S., A. P. Vovides, F. Nicolalde M., D. Cabrera T. and M. A. Pérez F. 2008. Diversity and genetic structure of three species of *Dioon* Lindl. (Zamiaceae, Cycadales) from the Pacific seaboard of Mexico. *Biol. J. Linn. Soc.* 94:765-776.
- Hamrick, J. L. 2004. Response of forest trees to global environment changes. *Forest Ecol. Manag.* 197:323-335.
- Hamrick, J. L. and M. J. W. Godt. 1996. Conservation genetics of endemic plant species. p. 281-304. *In: Avise, J. C. and J. L. Hamrick (eds.). Conservation genetics; case histories from nature.* Chapman & Hall. New York, USA.
- Hedrick, P. W. 2000. *Genetics of Populations.* 2a ed. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, MA, USA. 553 p.
- Leimu, R., P. Mutikainen, J. Koricheva and M. Fischer. 2006. How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation. *J. Ecol.* 94:942-952.
- Moynihan, J., A. P. Vovides, J. González A. and J. Francisco O. 2012. Population genetic diversity in the *Dioon edule* Lindl. species complex (Zamiaceae, Cycadales): Evidence from microsatellite data. p. 224-250. *In: Stevenson, D. W., R. Osborne and A. S. Taylor B. (eds.). Proceedings of cycad 2008, The 8th International Conference on Cycad Biology.* The New York Botanical Garden Press. New York, USA.
- Nicolalde, M. F., J. González A., F. Vergara S., D. W. Stevenson, O. Rojas S. y A. Medina V. 2014. Biodiversidad de Zamiaceae en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:S114-S125.
- Octavio, A. P., J. González A. and A. P. Vovides. 2009. Genetic diversity through life history of *Dioon edule* Lindley (Zamiaceae, Cycadales). *Plant. Biol.* 11:525-536.
- Prado A., F. Cervantes D., F. G. Pérez Z., J. González A., J. C. Bede and A. Cibrián J. 2016. Transcriptome-derived microsatellite markers for *Dioon* (Zamiaceae) cycad species. *Appl. Plant. Sci.* 4:1500087.
- Ruiz, G. N., B. Y. Méndez P., M. V. Velasco G., G. Sánchez De la V. y J. L. Rivera N. 2015. Ecología, distribución, ciclo biológico y tabla de vida de *Eumaeus toxea* (Lepidoptera: Lycaenidae) en la provincia fisiográfica Costa de Oaxaca, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 86:998-1003.
- SAS-Institute. 2002. SAS/STAT computer software, release 9.00. SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. Cary, NC, USA.





- 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. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press. Urbana, USA. 125 p.
- Terry, I., W. Tang, B. S. Taylor B., W. S. Donaldson, R. Singh, A. Vovides and A. Cibrián J. 2012. An overview of cycad pollination studies. Mem. N. Y. Bot. Gard. 106:394-352.
- Velasco, G. M. V. 2016. Estructura poblacional y diversidad genética de *Dioon holmgrenii*. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 77 p.
- Velasco, G. M. V., J. I. Valdez H., C. Ramírez H., M. L. Hernández H., J. López U., L. López M. *et al.* 2016. Estructura, heterogeneidad de estadios y patrón de dispersión espacial de *Dioon holmgrenii* (Zamiaceae). Bot. Sci. 94:75-87.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. Ann. Eugen. 15:323-354.
- Yhe, F., R. Yang, and T. Boyle 1997. Popgene, versión 1.31, Microsoft Window-based freeware for population genetic analysis, quick user guide. University of Alberta and Centre for International Forestry Research. Alberta, Canada.





DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE AUTO-ACLAREO MEDIANTE REINEKE PARA CONSTRUIR UNA GUÍA DE DENSIDAD

Juan Carlos Tamarit Urias^{193*}, Casimiro Ordoñez Prado¹⁹³ y Melchor Rodríguez Acosta¹⁹⁴

Resumen

La determinación, objetiva y precisa, de la línea de auto-aclareo, con apropiada pendiente y patrón biológico razonable, es uno de los principios silvícolas relevantes que contribuyen a mejorar el manejo técnico de bosques regulares, es la base para construir guías para manejar la densidad mediante la prescripción de cortas intermedias, comúnmente denominados aclareos. El objetivo fue evaluar dos técnicas de ajuste estadístico de la función tamaño-densidad de Reineke, para determinar la línea de auto-aclareo a nivel absoluto en rodales de coníferas en Puebla, México. De un universo de 292 sitios de muestreo para inventario operativo, levantados en el bosque de Tlatlauquitepec, se seleccionó una muestra de 59 sitios, los cuales se caracterizaron por ubicarse en un estado de alta densidad y competencia, así como cubrir todas las condiciones de crecimiento y rango de edad. *Pinus montezumae*, *P. patula*, *P. teocote* y *P. pseudostrobus* fueron las especies más abundantes y conformaron el 80% de los rodales mixtos regulares muestreados. Para cada sitio se generó información de las variables dasométricas densidad a nivel de hectárea y diámetro cuadrático, la cual se utilizó para ajustar la relación funcional tamaño-densidad de Reineke, mediante regresión estadística. En el ajuste se comparó la técnica de mínimos cuadrados ordinarios lineales, contra la de regresión frontera estocástica en sus modalidades de modelo semi-normal, modelo normal truncado y modelo normal exponencial. La calidad de los ajustes se evaluó mediante criterios estadísticos y gráficos. Se determinó que la técnica de regresión frontera, en su modalidad semi-normal, fue superior ya que define de mejor manera el límite de la frontera máxima, por lo que se seleccionó para determinar la línea de auto-aclareo. El índice de densidad máximo para un D_q de referencia

¹⁹³ Campo Experimental San Martinito. CIR – Golfo Centro. INIFAP. Puebla, México.

*tamarit.juan@inifap.gob.mx

¹⁹⁴ Campo Experimental Ixtacuaco. CIR – Golfo Centro. INIFAP. Puebla, México.





de 25 cm fue de 932 árboles/ha. La definición de la línea de auto-aclareo es útil para para construir la respectiva guía para manejar la densidad y prescribir aclareos como tratamientos silvícolas intermedios para rodales de las especies referidas.

Palabras clave: bosque regular, índice de densidad del rodal, *Pinus* spp., regresión frontera estocástica, rodal mixto

Introducción

Las guías o diagramas para manejar la densidad (DMD) de rodales se aplican a especies forestales, principalmente con propósitos de producción maderable; son herramientas para regular la densidad de rodales, mediante la aplicación de cortas intermedias o aclareos y se construyen con base en la determinación de la línea de auto-aclareo (Burkhart y Tomé, 2012), también denominada como línea de máxima densidad o de mortalidad inminente. Sin embargo, para tal determinación, en el que se define un límite superior, comúnmente se utilizan valores teóricos, universalmente predefinidos para el parámetro de la función tamaño-densidad que corresponde a la pendiente, tales como el de -1.605 definido por Reineke (1933) y el de -3/2 establecido por Yoda *et al.* (1963) para cualquier especie. En este sentido, Pretzsch y Biber (2005), Quiñonez-Barraza *et al.* (2018) y Zhang *et al.* (2005) señalan que en la definición de la línea de auto-aclareo y, por tanto, en la derivación de algún DMD se debe de considerar la alometría particular de cada especie o grupo de especies que conforman rodales coetáneos, uniespecíficos o mixtos. Esta consideración garantiza que los DMD sean poderosas herramientas para aplicar silvicultura cuantitativa, que permita realizar una adecuada y óptima gestión de la densidad. Lo anterior, toda vez que la densidad es el principal factor que el silvicultor puede manipular para influir en el establecimiento y desarrollo de las especies forestales de interés, para mejorar la calidad de la madera, la tasa de crecimiento en diámetro e influir en la producción del volumen maderable, al redistribuirse el potencial de crecimiento entre los individuos remanentes (Daniel *et al.*, 1979; Pretzsch y Biber, 2005).





La relación funcional tamaño-densidad de Reineke se define como $N = \alpha Dq^{-\beta}$, donde N es la densidad o número de árboles (N) por unidad de superficie, Dq es diámetro cuadrático medio como medida de tamaño y se calcula como $D_q = \sqrt{(40000/\pi)(AB/N)}$, donde AB es el área basal/ha y N el número de árboles/ha; α y β son parámetros a estimar mediante regresión estadística y corresponden al intercepto y la pendiente de la línea de auto-aclareo, respectivamente. Al predefinir un valor para el diámetro cuadrático de referencia (D_r), se llega a la expresión general del índice de densidad de rodal (IDR) de Reineke, como una medida de la densidad relativa y de la ocupación del sitio, el cual se define como el número de árboles por hectárea para un diámetro cuadrático medio de referencia dado, que originalmente Reineke (1933) le fijó un valor de 25 cm. Este índice expresa la relación entre el tamaño de los árboles y la densidad del rodal y se estima con la función $IDR = N(Dq/D_r)^{-\beta}$.

Comeau *et al.* (2010), Pretzsch y Biber (2005) y VanderSchaaf y Burkhart (2007) indican que, el valor de la pendiente (parámetro β) puede diferir significativamente entre especies, por lo que se debe estimar para cada especie y región. Además, para determinarlo se han propuesto diferentes técnicas de ajuste del modelo de Reineke, orientadas a mejorar la definición de la línea de auto-aclareo (Burkhart y Tomé, 2012; Lopes *et al.*, 2016). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de ajuste de la función tamaño-densidad de Reineke por las técnicas de mínimos cuadrados ordinarios lineales y regresión frontera estocástica para determinar la línea de auto-aclareo en rodales de coníferas en Tlatlauquitepec, Puebla, México.

Materiales y métodos

La información dasométrica que se utilizó fue colectada en el predio forestal de la localidad de Xonocuatla, del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, mismo que pertenece a la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) 2103 región Teziutlán, localizada en la parte nororiental del estado de Puebla y perteneciente a la región hidrológica de los ríos Tuxpan-Nautla (RH-27) y parte de las cuencas del río Nautla y del río Tecolutla. La altitud promedio es de 2,220 m y la





temperatura media anual fluctúa de 12 a 22°C, presenta diversos tipos de suelos del grupo de Luvisol.

Se procesó una muestra 59 sitios seleccionados de un universo de 252 sitios de muestreo para inventario operativo; las variables dasométricas analizadas por sitio fueron la densidad (número de árboles/ha) y el diámetro cuadrático promedio. Cada sitio circular, con tamaño de 1,000 m², fue seleccionado aplicando el criterio de encontrarse en estado de alta densidad y competencia, lo que garantiza cumplir el requerimiento de competencia extrema por recursos limitados (espacio, agua, nutrimentos y luz solar). La muestra cubrió todas las condiciones de crecimiento y rango de edad de las *Pinus montezumae*, *P. patula*, *P. teocote* y *P. pseudostrobus*, las cuales fueron las especies más abundantes y las que conformaron el 80% de los rodales mixtos regulares muestreados.

Los estadísticos básicos de las variables procesadas se presentan en el Cuadro 1. La base de datos final fue auditada mediante inspección gráfica, corroborando que las variables de interés presentarán comportamiento gráfico lógico en forma de jota inversa (Figura 1), de esta manera quedó preparada para el ajuste estadístico por regresión de la función tamaño-densidad, basada en el índice de densidad de rodal de Reineke.

Cuadro 1. Estadísticos básicos descriptivos de las variables dasométricas analizadas.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	D.E. ¹	C.V. ²	Varianza
N	150	2,050	756.44	514.42	68.01	264,626.77
Dq	12.31	54.68	31.06	10.49	33.75	109.95

¹Desviación estándar; ²Coefficiente de variación.

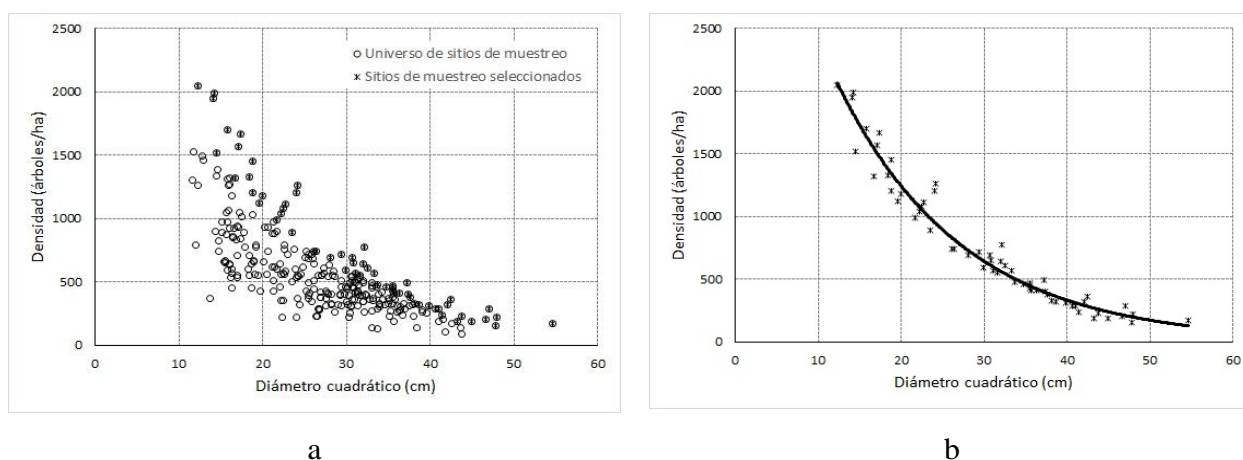


Figura 1. Universo de sitios de muestreo (a) y comportamiento gráfico lógico de las variables utilizadas en el análisis por regresión de la función tamaño-densidad de Reineke (b).





La función tamaño densidad de Reineke, expresada en forma lineal, se ajustó por regresión estadística usando el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) lineales y la estructura matemática linealizada del modelo de Reineke fue de la forma:

$$\text{Ln}(N) = \alpha - \beta \text{Ln}(Dq) + \varepsilon \quad (1)$$

Donde:

Ln es a la función logaritmo natural.

ε es el término del error que se distribuye como $\varepsilon = \text{idd } N(0, \sigma^2)$.

Por su parte, cuando la función se ajustó utilizando la técnica econométrica de regresión frontera estocástica (RFE), la estructura del modelo tomó la forma definida como:

$$\text{Ln}(N) = \alpha - \beta \text{Ln}(Dq) - u + v \quad (2)$$

En este caso, el componente de error se divide en 1) un componente de error asociado con la medición de las observaciones individuales (v_i) y, 2) un componente de error que se asume para dar cuenta de la ineficiencia técnica en los datos (u_i). v_i se asume como una perturbación simétrica, distribuida independientemente de u_i , recoge las variaciones aleatorias en la producción debido a factores como errores aleatorios, errores en la observación y de medición de los datos, se asume que se distribuye en la forma $v = \text{idd } N(0, \sigma_v^2)$. u_i es un término asimétrico que recoge la ineficiencia técnica de las observaciones y se asume que se distribuye independientemente de v_i y de los regresores. Bajo estos supuestos, se deben seleccionar distribuciones estadísticas para u_i , que se distribuyan para un solo lado, como en el caso de la modalidad de RFE semi-normal y de la exponencial. Si el valor de la ineficiencia técnica u_i se asume como cero, lo cual es menos probable con valores crecientes de u_i , entonces el modelo $\text{idd } N^+(0, \sigma_u^2)$ se refiere al modelo semi-normal. Si los u_i ($i=1, \dots, N$) son variables aleatorias no negativas $\text{idd } N^+(0, \sigma_u^2)$, entonces el modelo se conoce como el modelo normal-truncado (en cero) (Bi, 2004; Pretzsch y Biber, 2005; Zhang *et al.*, 2005). Cuando en el ajuste estadístico se usó el enfoque de RFE, se probaron las modalidades de Modelo Semi-Normal (MSN), Modelo Normal Truncado (MNT) y Modelo Normal Exponencial (MNE).

La función tamaño-densidad de Reineke se ajustó por MCO utilizando el procedimiento Model del paquete estadístico SAS/ETS® (SAS Institute Inc., 2011) versión 9.3. En tanto





que, cuando se usó RFE, la función se ajustó mediante el procedimiento QLIM del mismo paquete estadístico y versión; en este caso, el algoritmo usa la técnica de máxima verosimilitud para estimar la frontera y el parámetro de la ineficiencia técnica de las observaciones (u_i).

La calidad del ajuste por MCO se compararon con los ajustes obtenidos al utilizar RFE; los estadísticos de bondad de ajuste usados fueron el valor del logaritmo de verosimilitud ($\log\text{Lik}$), el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de Schwarz (SchC), así como la significancia de los parámetros y las varianzas de los componentes del error, sobre todo la razón de varianzas de los componentes del error (λ), además de la varianza total (σ) (Comeau *et al.*, 2010; Quiñonez-Barraza *et al.*, 2018). Adicionalmente, para reforzar el criterio de selección, también se realizó una comparación gráfica de las líneas de auto-aclareo que generó cada una de las técnicas y modalidades de ajuste, principalmente observando el comportamiento de la trayectoria de las líneas de auto-aclareo sobrepuestas a los datos observados.

Con los valores de los parámetros del mejor ajuste seleccionado, sobre un gráfico en escala logarítmica, se delimitó la línea de auto-aclareo a nivel absoluto que corresponde al número máximo de árboles que conforman un rodal sin auto-aclareo que una hectárea puede soportar y que equivale al 100% del IDR. Esta línea de densidad máxima es la base para construir un DMD.

Resultados y discusión

El resultado del ajuste estadístico de la función de Reineke, al usar mínimos cuadrados ordinarios (MCO) lineales y la de regresión frontera estocástica (RFE), en las modalidades de Modelo Semi-Normal (MSN), Modelo Normal Truncado (MNT) y Modelo Normal Exponencial (MNE), evidencia que en todos los casos los parámetros de la función son significativos (Cuadro 2). Sin embargo, para definir la línea de auto-aclareo con MCO es necesario la intervención manual, posterior al ajuste, esto debido a que la línea ajustada corresponde al promedio de la nube de datos observados y no al límite superior absoluto.





Cuadro 2. Valores estimados de los parámetros y estadísticos de ajuste para la función de Reineke bajo el ajuste por MCO y por RFE.

Técnica de ajuste	Parámetro	Estimación	Error estándar	Valor de t	Significancia
MCO	α	12.54837	0.22888	54.83	<.0001
	β	-1.82455	0.06746	-27.05	<.0001
	σ	0.03674			
RFE-MSN	α	12.676138	0.244193	51.91	<.0001
	β	-1.813897	0.072084	-25.16	<.0001
	σ_v	0.141611	0.035027	4.04	<.0001
	σ_u	0.205556	0.072936	2.82	0.0048
	logLik	15.20933			
	AIC	-22.41866			
	SchC	-14.10851			
	σ	0.24961			
	λ	1.45156			
	RFE-MNT	α	12.637056	0.272194	46.43
β		-1.809627	0.074312	-24.35	<.0001
σ_v		0.145596	0.035804	4.07	<.0001
σ_u		0.281046	0.413603	0.68	0.4968
μ		-0.326088	1.98816	-0.16	0.8697
logLik		15.24992			
AIC		-20.49984			
SchC		-10.11215			
σ		0.31652			
λ		1.93031			
RFE-MNE	α	12.600385	0.24443	51.55	<.0001
	β	-1.806614	0.073913	-24.44	<.0001
	σ_v	0.152632	0.032086	4.76	<.0001
	σ_u	0.112517	0.052645	2.14	0.0326
	logLik	15.17777			
	AIC	-22.35554			
	SchC	-14.04539			
	σ	0.18962			
	λ	0.73718			

logLik: logaritmo de verosimilitud; AIC: Criterio de información de Akaike; SchC: criterio de Schwarz; σ : varianza del error estimado como $(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)^{0.5}$; λ : estadístico de ajuste Lambda estimado como la razón de varianzas σ_u/σ_v .





Tal situación ocasiona que la determinación de la referida línea, en la frontera superior de los datos, sea ineficiente, ya que para modificar el valor del intercepto, se utilizan enfoques subjetivos lo que puede producir una línea de auto-aclareo con pendiente inapropiada (Quiñonez-Barraza *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2005). Por esta razón, se decidió seleccionar la mejor calidad de ajuste entre las diferentes modalidades probadas de la técnica de RFE, lo que garantiza que se obtenga una línea del máximo absoluto en forma directa e inmediata y que, técnicamente, es el límite correcto (Bi, 2004; Comeau *et al.*, 2010), además de que la técnica de RFE, comparativamente, tiene como ventaja el hecho de que estima valores extremos (frontera) de un conjunto de datos en lugar de la media de una función que estima el método de MCO.

La evaluación comparativa entre las diferentes modalidades de RFE revela que la del MSN fue superior, ya que si bien los valores en los estadísticos de ajuste que corresponden al criterio de información de Akaike (AIC) y al criterio de información de Schwarz (SchC) fueron comparativamente muy similares, presentó los segundos mejores valores del logaritmo de verosimilitud ($\log Lik$), de la varianza total del error (σ) y de la razón de varianzas de los componentes del error (λ), aunado a la alta significancia de los parámetros (Cuadro 2). Adicionalmente, presentó la menor varianza del componente del error de medición (σ_v) y el segundo menor valor en la varianza del componente del error relativo al término de ineficiencia técnica de los datos observados (σ_u).

Este resultado se ratificó mediante una comparación gráfica de la línea de auto-aclareo de cada ajuste (Figura 2), confirmándose que el ajuste por RFE-MSN tuvo un mejor patrón, ya que la línea se ajusta mejor al límite superior de la frontera de los datos observados y produce la mejor definición de la frontera máxima y, por tanto, de la línea de auto-aclareo. En este sentido, Zhang *et al.* (2005) señalan que esta modalidad de ajuste es el método de regresión más apropiado para estimar los coeficientes de la función de Reineke y la posterior línea de auto-aclareo, siendo posible utilizar la totalidad de la información N-Dq disponible de parcelas o sitios que se localizan cerca de un límite superior. El enfoque de RFE ha sido utilizado en diferentes especies de coníferas y de latifoliadas por Bi (2004), Comeau *et al.* (2010) y Lopes *et al.* (2016).



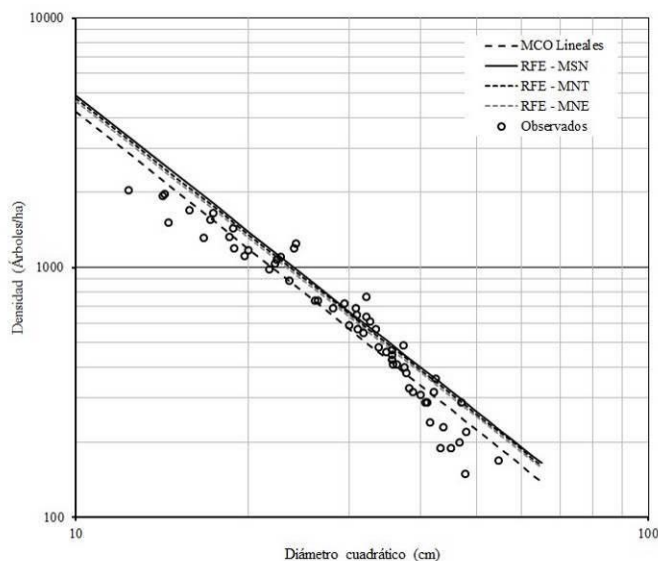


Figura 2. Comportamiento gráfico de la tendencia de la línea de auto-aclareo generada a partir de la función tamaño-densidad de Reineke por las técnicas de ajuste evaluadas.

La prueba de Wald y de razón de verosimilitud demostró que el valor de la pendiente (β) del modelo tamaño-densidad, estimado mediante RFE-MSN, es estadísticamente diferente (con $\alpha = 0.05$) del valor teórico propuesto por Reineke (1933) de -1.605. El intervalo de confianza al 95% determinado para el parámetro de la pendiente fue de -1.6437 para el límite inferior y de -1.9612 para el superior. Este intervalo es similar al determinado por Quiñonez *et al.* (2018), de -1.714 a -1.910, quienes usaron la misma técnica para un grupo de especies del género *Pinus* de Durango, México. En este contexto, se reafirma el argumento de que la pendiente (β) no siempre está cerca del valor teórico y que puede diferir significativamente entre especies (Comeau *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2005), lo cual se debe en parte a que distintas poblaciones presentan diferentes tasas de mortalidad en función de su densidad, hábitos de crecimiento, factores de la productividad del sitio e incluso la edad de la masa. Lo anterior, conduce a la necesidad de desarrollar una alometría específica para cada especie o grupo de especies de interés y, con ello, evitar que se presente errores al estimar y controlar la densidad (Bi, 2004; Pretzsch y Biber, 2005).

Por su parte, el IDR máximo, estimado con el ajuste de RFE-MSN al utilizar un Dq de referencia de 25 cm, fue de 932 árboles/ha, el cual es menor al que se estima en el estudio de Quiñonez *et al.* (2018), de 1,107 para el mismo valor de Dq de referencia, en un grupo de especies del género *Pinus* de Durango, en donde seleccionó a la técnica de RFE en la



modalidad de MNT como la mejor para definir la línea de auto-aclareo. Para la misma modalidad de ajuste y mismo Dq de referencia, el IDR máximo determinado en este estudio es mayor al estimado por Martínez (2017), quien reporta 898 árboles/ha para bosques mezclados de *Pinus* spp. en la región de Zimatlán, Oaxaca, México.

Conclusiones

1. Al ajustar la función tamaño-densidad de Reineke, la técnica de regresión frontera estocástica, en la modalidad de modelo semi-normal, resultó estadísticamente superior que el método de mínimos cuadrados ordinarios, por lo que se seleccionó para estimar, de forma eficiente, el límite superior de la línea de auto-aclareo a nivel absoluto, la cual es la base para construir un diagrama para el manejo de la densidad, generado con base en el índice de densidad de rodal de Reineke para *Pinus* spp. en la Unidad de Manejo Forestal 2103 (Teziutlán) en Tlatlauquitepec, Puebla, México.

Literatura citada

- Bi, H. 2004. Stochastic frontier analysis of a classic self-thinning experiment. *Austral Ecology* 29(4):408-417.
- Burkhardt, H. E. and M. Tomé. 2012. *Modeling forest trees and stands*. Springer. New York, NY, USA. 457 p.
- Comeau, P. G., M. White, G. Kerr and S. E. Hale. 2010. Maximum density-size relationships for Sitka spruce and coastal Douglas-fir in Britain and Canada. *Forestry* 83(1):461-468.
- Daniel, T. W., J. A. Helms and F. S. Baker. 1979. *Principles of silviculture*. 2a ed. McGraw-Hill. New York, USA. 500 p.
- Lopes P., E., N. Calegario, G. Saraiva N., E. de Almeida M. and J. de Almeida A. 2016. Estimate of stand density index for *Eucalyptus urophylla* using different fit methods. *Revista Árvore* 40(5):921-929.





- 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.
- Pretzsch, H. and P. Biber. 2005. A re-evaluation of Reineke's rule and stand density index. *Forest Science* 51(4):304-320.
- Quiñonez, B. G., J. C. Tamarit U., M. Martínez S., X. García C., H. M. De los Santos P. and W. Santiago G. 2018. Maximum density and density management diagram for mixed-species forests in Durango, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 24(1):73-90.
- Reineke, L. H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research* 46: 627-638.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- VanderSchaaf C. L. and Burkhart H. E. 2007. Comparison of methods to estimate Reineke's maximum size-density relationship. *Forest Science* 53(3):435-442.
- Yoda, K., T. Kira, H. Ogawa and K. Hozumi. 1963. Selfthinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology Osaka City* 14:107-129.
- Zhang, L., H. Bi, J. H. Gove and L. S. Heath. 2005. A comparison of alternative methods for estimating the self-thinning boundary line. *Canadian Journal of Forest Research* 35(6):1507-1514.





FAUNA SILVESTRE ASOCIADA A UN MÓDULO AGROFORESTAL DE LA REGIÓN CALAKMUL, CAMPECHE

Aixchel Maya Martínez^{195*}, Ligia G. Esparza Olguín¹⁹⁶, Eduardo Martínez Romero¹⁹⁷, Mónica González Jaramillo¹⁹⁷ y Ana Lid Del Angel Pérez¹⁹⁵

Resumen

Nuevo Progreso se ubica al oeste de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, la que abarca 723,185 ha de bosque tropical y es una región prioritaria para la conservación de la biodiversidad. El establecimiento de módulos agroforestales puede ayudar a disminuir la pérdida de biodiversidad de esta región a través de una restauración productiva del paisaje de manera sostenible. El objetivo fue estimar la biodiversidad faunística asociada al módulo agroforestal de Nuevo Progreso. Se muestrearon cuatro grupos taxonómicos con el método de transectos en recorridos diurnos y nocturnos. Como complementario: grabaciones (Aves), fototampas (Mamíferos) y búsqueda directa (cinco Reptiles) pertenecientes a 26 Ordenes y 51 Familias. El 23% (25 especies) de la fauna registrada está clasificada en alguna categoría de conservación (NOM-019-SEMARNAT-2010): 10 especies están sujetas a protección especial (PR; p.ej. el aguililla negra mayor, *Buteogallus urubitinga*), 11 amenazadas (A; p. ej. el jaguarundi, *Herpailurus yaguaroundi*) y cuatro en peligro de extinción (P; p. ej. el ocelote, *Leopardus pardalis*). Además, una de ellas está clasificada por la UICN como vulnerable (VU: Hoco faisán, *Crax rubra*), y tres en peligro de extinción (EN: el tapir, *Tapirella bairdii*; mono aullador negro, *Alouatta pigra*; mono araña, *Ateles geoffroyi*). La fauna asociada al módulo agroforestal de Nuevo Progreso, Calakmul, Campeche es diversa y está compuesta por especies que juegan un importante papel para mantener la estructura de la selva y la salud del ecosistema.

¹⁹⁵ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *maya.aixchel@inifap.gob.mx

¹⁹⁶ El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche.

¹⁹⁷ Soluciones Socio-ambientales A.C.





Palabras clave: restauración productiva; conservación de la biodiversidad; Reserva de la Biosfera de Calakmul

Introducción

En el Plan de Desarrollo Nacional 2013-2018 (PDN) se tiene a la conservación de la biodiversidad como uno tema estratégico a atender y una estrategia integral que pudiera contribuir a la disminución de la pérdida de la biodiversidad es la restauración productiva del paisaje de manera sostenible, mediante el establecimiento de sistemas agroforestales, por lo que el objetivo de este trabajo fue estimar la biodiversidad faunística asociada a un módulo agroforestal establecido en el ejido de Nuevo Progreso, Campeche.

El módulo se estableció en Nuevo Progreso debido a que este ejido se ubica al Oeste de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, la que abarca 723,185 ha de bosque tropical y es una región prioritaria para la conservación de la biodiversidad; sin embargo, en esta zona se siguen viendo procesos de perturbación ambiental y, en particular, el ejido presenta importantes cambios en el uso de suelo, que por mucho tiempo se utilizó para actividades agropecuarias, por lo que se considera que esto ha tenido un impacto negativo en la conservación de la biodiversidad, lo que se puede detectar monitoreando la fauna asociada a este sistema de producción sustentable; de tal forma que en este trabajo se presenta la riqueza de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, durante la temporada de lluvias, asociada a este módulo agroforestal.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en un módulo agroforestal establecido en el ejido de Nuevo Progreso, mismo que se localiza al Oeste de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Municipio de Calakmul, Campeche (Figura 1.). La vegetación aledaña es secundaria, proveniente de selvas subperennifolias y su estructura sugiere que



se está dando un proceso de recuperación (Báez-Vargas *et al.*, 2017; García-Licona *et al.*, 2014; Zamora-Crescencio *et al.*, 2012).

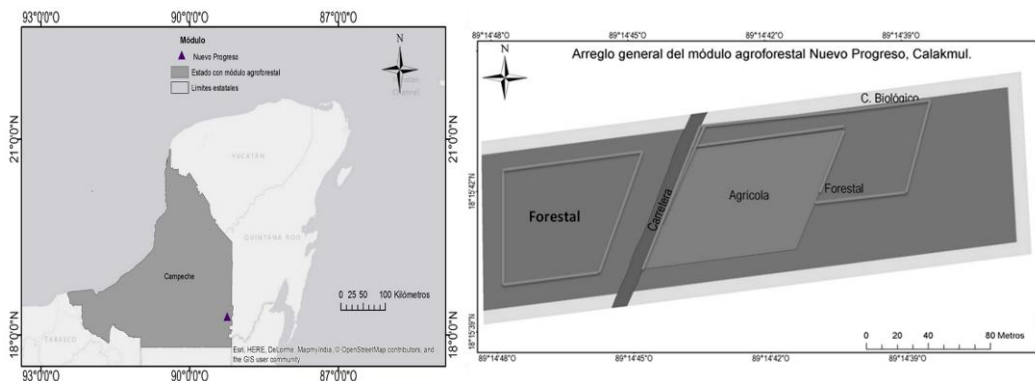


Figura 1. Ubicación geográfica del módulo agroforestal y distribución de sus componentes (agrícola, forestal y corredor biológico) establecido en Nuevo Progreso, Calakmul, Campeche.

Muestreo

Se realizó en el bloque del módulo agroforestal denominado corredor biológico, con una superficie de 0.2 ha (4% del área total del módulo) (Figura 1.). Durante la temporada de lluvias (26 al 30 de agosto de 2016) se muestrearon cuatro grupos taxonómicos: anfibios, reptiles, aves y mamíferos, utilizando el método de transecto, combinado con uno particular para cada grupo, con la intención de aumentar la probabilidad de registrar a la mayor cantidad de especies posibles. Para aves se utilizó también el método de conteo por puntos de radio fijo, que permite detectar especies raras y de dosel mediante el registro visual y auditivo de las especies (Celis-Murillo, 2009; Sauer *et al.*, 1994). En el caso de mamíferos, además de los transectos, se hicieron conteos directos y fototrampeo (Ojasti y Dallmeier, 2000). Para anfibios y reptiles, además se consideraron registros encontrados los recorridos de los demás grupos y se realizó una búsqueda dirigida (Calderón-Mandujano *et al.*, 2008). Las identificaciones se hicieron con claves de campo y consulta a especialistas.

Análisis de datos

Se presenta la riqueza específica de los grupos muestreados, utilizando los Catálogos de Autoridades Taxonómicas tomados del servidor de la CONABIO (CONABIO, 2011; Navarro y Gordillo, 2006; Ramírez, 1999), clasificada por tipo de distribución y categoría de riesgo según la IUCN, la NOM-059-SEMARNAT 2010 y la CITES; asimismo, se utilizó en índice de



equidad de Shannon-Wiener, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001), utilizando la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener.

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido. entre el número total de individuos de la muestra.

Resultados y discusión

Se registraron 26 ordenes, de los cuales uno corresponde a los anfibios, con cinco familias y ocho especies (Colston *et al.*, 2015); uno más al grupo de los reptiles, representado por cuatro familias y cinco especies, cuatro de ellas reportadas para Calakmul (Colston *et al.*, 2015; Calderón-Mandujano *et al.*, 2008); 16 a las aves (28 familias y 74 especies), lo que representa el 18% de la riqueza avifaunística reportada por González-Jaramillo *et al.* (2016); mientras que ocho ordenes son de los mamíferos (14 familias y 20 especies), especies reportadas por Guzmán-Soriano *et al.* (2013) y Martínez-Kú *et al.* (2008) (Anexo 1.).

En cuanto a su riqueza por tipo de distribución, de las 107 especies solo dos de mamíferos son endémicas a la península de Yucatán, *Otonyctomys hattii* y *Sciurus yucatanensis*; mientras que ocho especies de aves están catalogadas como cuasiendémicas, es decir, que se distribuyen principalmente en México, pero una pequeña parte de su distribución está fuera del país y, para las aves, se ha propuesto un límite de 35,000 km²; en el país se tienen registradas 43 especies bajo esta categoría. Hay una especie de las aves considerada como semiendémica, *Icterus cucullatus*, debido a que pasa solamente una época del año, el invierno, en México, país en el que hay 45 aves bajo esta categoría (Berlanga *et al.*, 2008) (Anexo 1.).

Por estatus de conservación, de las especies registradas 101 están bajo alguna categoría de riesgo (IUCN 2017; SEMARNAT, 2010; UNEP-WCMC, 2018) (Anexo 1.). De ellas, once se encuentran en las tres principales listas para la protección de especies: *Alouatta pigra* y *Tapirella bairdii*, ambas consideradas en peligro de extinción por la NOM 059-SEMARNAT-





2010 (P) y por la IUCN (EN), así como en el Apéndice I de la CITES, que es en el que se contemplan a las especies con mayor riesgo de extinción; por su parte, *Ateles geoffroyi*, al igual que las dos anteriores, está considerada en peligro de extinción (IUCN y NOM-059), pero en CITES está en el Apéndice II, es decir, especies que no están necesariamente en peligro de extinción, pero que podrían llegar a estarlo; otra de las once especies, *Crax rubra*, está considerada como Vulnerable (VU) en IUCN, Amenazada (A) en la NOM-059 y en el Apéndice III de CITES. Las siete restantes que se encuentran en las tres listas, están consideradas por la IUCN en la categoría de preocupación menor (LC) y, de ellas, *Leopardus pardalis* en peligro de extinción (NOM-059) y en el Apéndice I (CITES) junto con *Herpailurus yagouaroundi*. La restauración productiva del paisaje en Nuevo Progreso podría favorecer a la conservación de este importante número de especies bajo alguno estatus de conservación, tal y como lo mencionan González-Jaramillo *et al.* (2016) y Salgado (2010), al afirmar que el 42% de la avifauna de la Reserva de la Biosfera de Calakmul requieren vegetación en buen estado de conservación para su subsistencia.

Por su parte, asumiendo que el índice de equidad de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001), se puede apreciar que el grupo con menor equidad es el de las aves; en esta clase 44% de la distribución de las abundancias se presenta en 67 especies, mientras que siete contienen 56% de las abundancias: *Molothrus aeneus*, *Ortalis vetula*, *Volatinia jacarina*, *Amazona autumnalis*, *Cyanocorax morio*, *Patagioenas flavirostris* y *Aratinga nana*. En los mamíferos, la equidad aumenta, ya que 58% de la distribución de sus abundancias se presenta en dos especies: *Ateles geoffroyi* y *Alouatta pigra*; mientras que en anfibios y reptiles solo se tiene una especie dominante para cada uno: *Incilius valliceps* (50%) y *Anolis tropidonotus* (58%), respectivamente (Cuadro 1.). La equitatividad de las especies en los taxa monitoreados indica el aun buen estado de conservación de la fauna en Nuevo Progreso, tal como lo mencionan Calderón-Mandujano *et al.* (2008) para el caso de los reptiles de la reserva de la biosfera de Calakmul.





Cuadro 1. Índice de equidad Shannon-Wiener para la fauna asociada a un módulo agroforestal en Nuevo Progreso, Calakmul, Campeche.

Clase	S (LNS)	N	H'
Anfibio	8 (2.08)	54	1.55
Aves	74 (4.30)	598	3.29
Mamífero	20 (3.00)	53	2.15
Reptil	5 (1.61)	29	1.19
Total	107	734	

Conclusiones

1. El municipio de Calakmul, Campeche, a pesar de estar en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, presenta importantes procesos de deforestación y cambio de uso de suelo; situación que ocurre en el Ejido Nuevo Progreso, mismo que se colonizó hace aproximadamente 25 años por personas originarias de Hidalgo, Tabasco y Veracruz y, desde entonces, ha sufrido una transformación en su uso de suelo, en donde predomina la actividad pecuaria, con su consecuente impacto en la conservación de la biodiversidad; ante esta situación, en 2016 se estableció un módulo agroforestal con la intención de propiciar una restauración productiva del paisaje y, al monitorear la fauna aledaña al mismo, se observa que, a pesar del impacto agropecuario y de que los resultados de este trabajo son solo para una temporada del año, se tiene una importante representación de especies en alguna categoría de conservación, por lo que si se mantiene el módulo en el ejido se podría esperar un impacto positivo en la fauna silvestre del lugar, favoreciendo con ello la conservación de la biodiversidad de la región de Calakmul.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT por el financiamiento de esta investigación, parte del proyecto Sistemas agroforestales y su relación con el aprovechamiento y protección de su biodiversidad asociada en diferentes ecosistemas de México, de la convocatoria Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2014.





Literatura citada

- Báez-Vargas, A., L. Esparza, E. Martínez-Romero, S. Ochoa-Gaona, N. Ramírez-Marcial y González-N. Valdivia. 2017. Efecto del manejo sobre la diversidad de árboles en vegetación secundaria en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Revista De Biología Tropical* 65(1):41-53. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44950154005>
- Berlanga, H., V. Rodríguez-Contreras, A. Oliveras de Ita, M. Escobar, L. Rodríguez, J. Vieyra *et al.* 2008. Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO. México.
- Calderón-Mandujano, R. R., C. Galindo-Leal y J. R. Cedeño-Vázquez. 2008. Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta zoológica mexicana* 24(1):95-114. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372008000100005&lng=es&tlng=en
- Celis-Murillo, A., J. L. Deppeand y M. F. Allen. 2009. Using soundscape recordings to estimate bird species abundance, richness, and composition. *Journal of Field Ornithology* 80:64-78.
- Colston, T. J., J. A. L. Barão-Nóbrega, R. Manders, A. Lett, J. Willmott, G. Cameron *et al.* (2015). Amphibians and reptiles of the Calakmul Biosphere Reserve, México, with new records. *Check List* 11(5):1759.
- CONABIO (comp.). 2011. Catálogo de autoridades taxonómicas de los anfibios (Amphibia: Craniata) de México. Base de datos SNIB-CONABIO. México. Incluye información del proyecto CS003. CONABIO. http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/anfibios/doc/Anfibios_2013.pdf
- García-Licona, J., L. Esparza-Olguín y E. Martínez-Romero. 2014. Estructura y composición de la vegetación leñosa de selvas en diferentes estadios sucesionales en el ejido El Carmen II, Calakmul, México. *Polibotánica* 38(1):1-26. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682014000200001





- González-Jaramillo, M., E. Martínez, L. G. Esparza-Olguín y J. Rangel-Salazar. 2016. Actualización del inventario de la avifauna de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, península de Yucatán, México: abundancia, estacionalidad y categoría de conservación. *Huitzil* 17(1):54-106. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-74592016000100004&lng=es&tlng=pt
- Guzmán-Soriano, D., J. A. Vargas-Contreras, J. D. Cú-Vizcarra, G. Escalona S., O. G. Retana G., A. González C. *et al.* 2013. Registros notables de mamíferos para Campeche, México. *Acta zoológica mexicana* 29(2): 269-286.
- IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <http://www.iucnredlist.org>
- Martínez-Kú, D. H., G. Escalona-Segura y J. A. Vargas-Contreras. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. p. 449-468. *In:* Lorenzo, C., E. Espinoza y J. Ortega (ed.). *Avances en el estudio de los mamíferos II*. Asociación Mexicana de Mastozoología AC. México.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. MT Manuales y Tesis Sociedad Entomológica aragonesa (SEA). Zaragoza, España. 86 p.
- Navarro, S.A. y A. Gordillo. 2006. Catálogo de autoridades taxonómicas de las aves de México. Facultad de Ciencias, UNAM. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto CS010. CONABIO. México, D.F. http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/aves/doc/Aves.pdf
- Ojasti, J. y F. Dallmeier (Eds.). 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. SI/MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington, D.C.
- Ramírez, P. J. 1999. Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México. UAM-Iztapalapa. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto Q023. CONABIO. http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/mamiferos/pdf/Mamiferos.pdf
- Salgado, J. 2010. Estudio de caso: amenazas a aves en paisajes de agricultura tradicional de tumba-roza y quema. p. 564-567. *In:* Villalobos-Zapata, G. J. y J. Mendoza V. (ed.). *La Biodiversidad en Campeche: estudio de estado*. CONABIO, ECOSUR. México.





- Sauer, J. R., B. G. Peterjohn y W. A. Link. 1994. Observer differences in the North American Breeding Bird Survey. *Auk* 111:50-62.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. 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*.
- UNEP-WCMC (Comps.). 2018. Página Web de la Lista de especies CITES. Secretaría de la CITES, Ginebra, Suiza. Compilado por UNEP-WCMC, Cambridge, Reino Unido. <http://checklist.cites.org>
- Uzcanga P., N. G., A. Maya M. y B. S. Larqué S. 2017. Diagnóstico participativo de tres comunidades en dos ecosistemas de México. *In: VI Congreso de Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad*.
- Zamora-Crescencio, P., C. Gutiérrez-Báez, W. Folan, M. Domínguez-Carrasco, P. Villegas, G. Cabrera-Mis *et al.* 2012. La vegetación leñosa del sitio arqueológico de Oxpemul, municipio de Calakmul, Campeche, México. *Polibotánica* (33):131-150. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682012000100009





Anexo 1. Riqueza faunística asociada a un módulo agroforestal en Nuevo Progreso, Calakmul, Campeche. IUCN: LC = Least Concern; VU = Vulnerable; EN = Endangered; NT = Near Threatened. NOM-059-SEMARNAT 2010: Pr = Sujeta a protección especial; A = Amenazada; P = En peligro de extinción

Clase	Orden	Familia	Especie	IUCN	NOM-059	CITES	Distribución
Anfibia							
Anura							
Bufonidae							
			<i>Incilius valliceps</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Rhinella marina</i>	LC	NA	NA	No endémica
Hylidae							
			<i>Scinax staufferi</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Smilisca baudinii</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Tripurion petasatus</i>	LC	Pr	NA	No endémica
Microhylidae							
			<i>Gastrophryne elegans</i>	LC	Pr	NA	No endémica
Ranidae							
			<i>Lithobates brownorum</i>	NA	Pr	NA	No endémica
Rhinophrynidae							
			<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	LC	Pr	NA	No endémica
Reptilia							
Squamata							
Corytophagnidae							
			<i>Basiliscus vittatus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Dactyloidae							
			<i>Anolis tropidonotus</i>	NA	NA	NA	No endémica
Teiidae							
			<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Holcosus undulatus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Vipenidae							
			<i>Crotalus tzabcan</i>	LC	NA	NA	No endémica
Aves							
Accipitriformes							
Accipitridae							
			<i>Buteogallus urubitinga</i>	LC	Pr	Apéndice II	No endémica
Anseriformes							





Continúa Anexo 1...

Clase Orden Familia Especie	IUCN	NOM-059	CITES	Distribución
Anatidae				
<i>Aix sponsa</i>	LC	NA	NA	No endémica
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	LC	NA	Apéndice III	No endémica
Apodiformes				
Trochilidae				
<i>Amazilia candida</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
<i>Amazilia tzacatl</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
<i>Amazilia yucatanensis</i>	LC	NA	Apéndice II	Cuasiendémica
<i>Campylopterus curvipennis</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
<i>Chlorostilbon canivetii</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
Caprimulgiformes				
Caprimulgidae				
<i>Nyctidromus sp.</i>	NA	NA	NA	No endémica
Ciconiiformes				
Ardeidae				
<i>Botaurus lentiginosus</i>	LC	A	NA	No endémica
<i>Botaurus pinnatus</i>	LC	A	NA	No endémica
Cathartidae				
<i>Coragyps atratus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Columbiformes				
Columbidae				
<i>Columbina talpacoti</i>	LC	NA	NA	No endémica
<i>Patagioenas flavirostris</i>	LC	NA	NA	No endémica
<i>Zenaida asiatica</i>	LC	NA	NA	No endémica
Coraciiformes				
Momotidae				
<i>Momotus momota</i>	LC	NA	NA	No endémica
Cuculiformes				
Cuculidae				
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	LC	NA	NA	No endémica
<i>Piaya cayana</i>	LC	NA	NA	No endémica
Falconiformes				
Accipitridae				





Continúa Anexo 1...

Clase	Orden	Familia	Especie	IUCN	NOM-059	CITES	Distribución
			<i>Buteo magnirostris</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
			<i>Geranospiza caerulescens</i>	LC	A	Apéndice II	No endémica
		Falconidae					
			<i>Herpetotheres cachinnans</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
		Galliformes					
		Cracidae					
			<i>Crax rubra</i>	VU	A	Apéndice III	No endémica
			<i>Ortalis vetula</i>	LC	NA	Apéndice III	No endémica
			<i>Penelope purpurascens</i>	LC	A	Apéndice III	No endémica
		Odontophoridae					
			<i>Colinus nigrogularis</i>	LC	NA	NA	Cuasiendémica
		Passeriformes					
		Cardinalidae					
			<i>Cardinalis cardinalis</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Saltator maximus</i>	LC	NA	NA	No endémica
		Corvidae					
			<i>Cyanocorax morio</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	LC	NA	NA	Cuasiendémica
		Dendrocolaptidae					
			<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	LC	NA	NA	No endémica
		Emberizidae					
			<i>Aimophila botterii</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Arremonops chloronotus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Arremonops rufivirgatus</i>	LC	NA	NA	Cuasiendémica
			<i>Sicalis luteola</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Sporophila torqueola</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Volatinia jacarina</i>	LC	NA	NA	No endémica
		Hirundinidae					
			<i>Hirundo rustica</i>	LC	NA	NA	No endémica
		Icteridae					
			<i>Amblycercus holosericeus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Dives dives</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Icterus auratus</i>	LC	NA	NA	Cuasiendémica





Continúa Anexo 1...

Clase	Orden	Familia	Especie	IUCN	NOM-059	CITES	Distribución
			<i>Icterus cucullatus</i>	LC	NA	NA	Semiendémica
			<i>Icterus gularis</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Icterus mesomelas</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Molothrus aeneus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Psarocolius montezuma</i>	LC	Pr	NA	No endémica
			<i>Quiscalus mexicanus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Parulidae							
			<i>Dendroica dominica</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Dendroica striata</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Seiurus aurocapilla</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Wilsonia citrina</i>	LC	NA	NA	No endémica
Thraupidae							
			<i>Cyanerpes cyaneus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Thraupis abbas</i>	LC	NA	NA	No endémica
Tyrannidae							
			<i>Megarynchus pitangua</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Myiarchus crinitus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Myiarchus yucatanensis</i>	LC	NA	NA	Cuasiendémica
			<i>Myiodynastes luteiventris</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Myiodynastes maculatus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Myiozetetes similis</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Pitangus sulphuratus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Tityra semifasciata</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Tyrannus couchii</i>	LC	NA	NA	No endémica
Pelecaniformes							
Ardeidae							
			<i>Tigrisoma mexicanum</i>	LC	Pr	NA	No endémica
Piciformes							
Picidae							
			<i>Celeus castaneus</i>	LC	Pr	NA	No endémica
			<i>Dryocopus lineatus</i>	NA	NA	NA	No endémica
			<i>Melanerpes aurifrons</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Melanerpes pygmaeus</i>	LC	NA	NA	Cuasiendémica





Continúa Anexo 1...

Clase	Orden	Familia	Especie	IUCN	NOM-059	CITES	Distribución
Ramphastidae							
			<i>Pteroglossus torquatus</i>	LC	Pr	NA	No endémica
			<i>Ramphastos sulfuratus</i>	LC	A	Apéndice II	No endémica
Psittaciformes							
Psittacidae							
			<i>Amazona autumnalis</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
			<i>Amazona xantholora</i>	LC	A	Apéndice II	Cuasiendémica
			<i>Aratinga nana</i>	NA	Pr	Apéndice II	No endémica
Strigiformes							
Strigidae							
			<i>Glaucidium brasilianum</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
Trogoniformes							
Trogonidae							
			<i>Trogon melanocephalus</i>	LC	NA	NA	No endémica
			<i>Trogon violaceus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Mamifera							
Artiodactyla							
Cervidae							
			<i>Mazama sp.</i>	NA	NA	NA	ND
Carnivora							
Canidae							
			<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Felidae							
			<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	LC	A	Apéndice I	No endémica
			<i>Leopardus pardalis</i>	LC	P	Apéndice I	No endémica
			<i>Puma concolor</i>	LC	NA	Apéndice II	No endémica
Procyonidae							
			<i>Nasua narica</i>	LC	NA	Apéndice III	No endémica
			<i>Procyon lotor</i>	LC	NA	NA	No endémica
Cingulata							
Dasypodidae							
			<i>Dasypus novemcinctus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Didelphimorphia							





Continúa Anexo 1...

Clase Orden Familia Especie	IUCN	NOM-059	CITES	Distribución
Didelphidae				
<i>Didelphis marsupialis</i>	LC	NA	NA	No endémica
<i>Philander opossum</i>	LC	NA	NA	No endémica
Perissodactyla				
Tapiridae				
<i>Tapirella bairdii</i>	EN	P	Apéndice I	No endémica
Primates				
Atelidae				
<i>Alouatta pigra</i>	EN	P	Apéndice I	No endémica
<i>Ateles geoffroyi</i>	EN	P	Apéndice II	No endémica
Rodentia				
Cricetidae				
<i>Otonyctomys hatti</i>	LC	A	NA	Endémica
Cuniculidae				
<i>Cuniculus paca</i>	LC	NA	Apéndice III	No endémica
Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta punctata</i>	LC	NA	Apéndice III	No endémica
Muridae				
<i>Rattus rattus</i>	NA	NA	NA	Exótica
<i>Sigmodon hispidus</i>	LC	NA	NA	No endémica
Sciuridae				
<i>Sciurus yucatanensis</i>	LC	NA	NA	Endémica
Tinamiformes				
Tinamidae				
<i>Tinamus major</i>	NT	A	NA	No endémica





EVALUACIÓN DE LA PROPAGACIÓN EN *Alnus jorullensis* Kunth DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA DE MÉXICO

Carla Leticia López Sánchez^{198*}, Beatriz del Socorro Bolívar Cimé¹⁹⁸, Armando Aparicio Rentería¹⁹⁸ y
Héctor Viveros Viveros¹⁹⁸

Resumen

Alnus jorullensis es una de las especies más utilizadas, como leña, por los habitantes de las comunidades del Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP) Veracruz, México. Sin embargo, este aprovechamiento podría estar impactando negativamente sus poblaciones, por lo que es necesario conocer el método más adecuado para su propagación y poder llevar a cabo un manejo eficiente. Dada esta problemática, el objetivo de este trabajo fue evaluar su propagación sexual y asexual con semillas y estacas respectivamente. Para la propagación sexual de *A. jorullensis*, se probaron dos tipos de sustrato, dos tipos de almacenamiento y cinco tratamientos pregerminativos. En cuanto a la propagación asexual, se realizaron tres pruebas de enraizamiento con estacas de individuos juveniles y adultos, aplicando ácido indolbutírico (AIB) en concentraciones del 0.1, 0.3, 0.8 y 1.0%. Se utilizó un Modelo Lineal General con distribución binomial para evaluar el efecto de los sustratos, almacenamiento, tratamientos pregerminativos y su interacción en el porcentaje de germinación. Los resultados mostraron que el porcentaje de germinación más alto se obtuvo con semillas almacenadas a 4°C para todos los tratamientos pregerminativos, con un mínimo de 17.62% y un máximo de 24.87%. Por su parte, el sustrato no tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de germinación. Después de haber realizado tres ensayos de propagación asexual, utilizando 480 estacas, no se logró la producción de raíces. Se concluye que, las semillas de *Alnus jorullensis* no requieren de tratamientos pregerminativos, pero es necesario almacenarlas a 4°C para conservar su viabilidad. Tanto la propagación sexual y asexual pueden llegar a ser muy difíciles para la especie de *Alnus jorullensis* que crece en el PNCP.

¹⁹⁸ Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR). carladidi089@hotmail.com





Palabras clave: leña, estaca, semilla

Introducción

Alnus jorullensis Kunth (“ilite”) es una especie de gran importancia en el Parque Nacional Cofre de Perote (PNCP), por un lado, porque tiene gran demanda para leña (López-Sánchez, 2014) y, por otro, porque influye en los procesos de regeneración de los bosques templados y la restauración de suelos, debido a su capacidad de fijar nitrógeno (Álvarez, 1956). Sin embargo, la excesiva extracción de leña y el cambio de uso de suelo para cultivo y/o asentamientos humanos podrían estar impactando negativamente a la especie en el PNCP. Por lo que, resulta muy importante determinar el método más adecuado para su propagación. La propagación sexual, con el uso de semillas, es la técnica más empleada para la producción de plantas (Minchala-Patiño *et al.*, 2013), en la cual algunas veces se aplican tratamientos pregerminativos con el fin de mejorar el proceso de germinación. Entre éstos se encuentran el remojo de semillas (Oliva y Arévalo, 2010) y la estratificación en frío (1 a 5°C) (Ludeña, 2012). Sin embargo, Dunn (1987) menciona que no siempre es necesaria la aplicación de tratamientos pregerminativos en *Alnus jorullensis*.

De acuerdo con Queya (2015), el porcentaje de germinación en especies del género *Alnus* depende del tipo de sustrato, por lo que recomienda utilizar una mezcla de arena fina, turba y suelo local. Otro aspecto importante es el almacenamiento de las semillas, que para *Alnus* se sugiere que la semilla se mantenga en condiciones de temperatura ambiente para conservar su viabilidad por 3 a 4 meses (Queya, 2015) o hasta por nueve meses almacenadas en frío a 4°C (Calderón, 2007).

Por otra parte, la propagación por medio de estacas tiene como objetivo la producción de plantas con el mismo genotipo (Maldonado *et al.*, 2017). La cual puede llegar a ser muy difícil, pues depende de las características de la especie y factores tales como: edad, grado de lignificación, presencia de hojas, aplicación de reguladores de crecimiento y época de recolección (Uribe *et al.*, 2011). Navia-E. *et al.* (2001) mencionan que la propagación asexual de *A. jorullensis* por enraizamiento de estacas es fácil, debido a su capacidad de rebrote y rápido crecimiento. La selección del sustrato también es importante y, para ello, Portilla





(2012) sugiere el uso de tierra de páramo y humus (2:1), mientras que Armijos y Sinche (2013) tierra de montaña, arena fina y humus (3:1:1). En cuanto al uso de reguladores de crecimiento en el enraizado de estacas de *Alnus acuminata* Kunth, Mesén *et al.* (1996) reportaron que el ácido indolbutírico (AIB), a una concentración de 0.2%, dio los mejores resultados, aunque no siempre es así.

A pesar de ser una especie con amplia distribución y de gran importancia ecológica, la información sobre la propagación de *A. jorullensis* en México es escasa. Por lo que los objetivos del presente trabajo fueron: 1) Evaluar el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos, sustratos y tipo de almacenamiento sobre la germinación de semillas de *A. jorullensis*, 2) evaluar la capacidad de enraizamiento de estacas de *A. jorullensis* provenientes de individuos juveniles a diferentes concentraciones de AIB (ácido indolbutírico-Rhizopon): 0.1%, 0.3% y 0.8% y, 3) evaluar la capacidad de enraizamiento de estacas provenientes de individuos juveniles y adultos de *A. jorullensis* con y sin aplicación de AIB al 1% (Radix 1000).

Materiales y métodos

Propagación con semillas

De diciembre 2015 a febrero 2016 en las comunidades de Los Pescados, El Conejo y la Colonia Agrícola del PNCP, entre los 3,200-3,422 m de altitud (Figura 1), se seleccionaron 30 árboles adultos, vigorosos, libres de plagas y con buena producción de conos, separados a una distancia mínima de 50 m entre ellos. Se recolectaron aproximadamente 100 conos por árbol, empleando un mango telescópico de aluminio con tijeras para podar. Para extraer las semillas, los conos se secaron directamente al sol sobre charolas de plástico, después se eliminaron las impurezas e inmediatamente se almacenó un lote de semillas a 4°C y otro lote se mantuvo a temperatura ambiente, ambos en bolsas de plástico herméticas durante nueve meses.



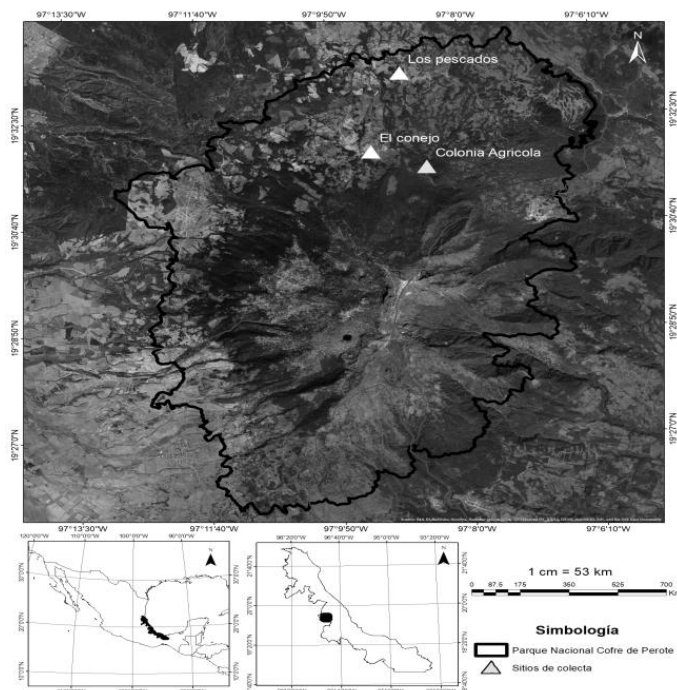


Figura 1. Sitios de colecta en el Parque Nacional Cofre de Perote.

Diseño experimental (propagación de semillas)

Se estableció un diseño factorial en bloques al azar con tres factores: temperatura de almacenamiento (con dos niveles: semillas almacenadas a 4°C y semillas almacenadas a temperatura ambiente de 25°C-30°C), tipo de sustrato (dos tipos de sustrato: *peat moss* (turba) y suelo local (andosol textura franco limoso)) y tratamiento pregerminativo: 1) remojo durante 24 h, 2) remojo durante 48 h, 3) remojo durante 72 h, 4) estratificación en frío con arena húmeda durante 15 días y 5) control, sin tratamiento. En total se establecieron 20 tratamientos diferentes (2 x 2 x 5), con cuatro réplicas de 100 semillas cada uno para un total de 8000 semillas.

Propagación con estacas

Para la obtención de estacas se seleccionaron individuos juveniles y adultos. Se cortaron estacas que tuvieran más de dos yemas, las cuales se colocaron en bolsas de papel e inmediatamente se almacenaron en hieleras a 4°C (contenían hielo) para ser trasladadas al lugar donde se llevó a cabo cada experimento.



Diseño experimental (propagación con estacas)

Se realizaron tres pruebas de enraizado bajo un diseño completamente al azar. En la primera y segunda prueba (abril y junio 2016, respectivamente), se utilizaron estacas de 10 cm de longitud provenientes de individuos jóvenes. A las estacas se les aplicó en la base Rhizopon (AIB) en tres diferentes concentraciones: 0.1%, 0.3% y 0.8%, más un control (sin hormona). Se utilizó un sustrato de arena de mina y suelo local (andosol textura franco limoso) (1:1). En la tercera prueba (febrero 2017) se utilizaron estacas de 30 cm de longitud de individuos jóvenes y adultos, con y sin aplicación de Radix 10000 (AIB al 1%) y con suelo local como sustrato.

En las dos primeras pruebas se pusieron cuatro réplicas de 20 estacas por tratamiento, con un total de 320 estacas. En la tercera prueba se colocaron cuatro réplicas de 10 estacas por tratamiento (tipo de estaca, con y sin regulador), con un total de 160 estacas. La presencia de raíces en las estacas se evaluó después de tres meses en los dos primeros ensayos, para la tercera prueba se evaluó a los seis meses.

Análisis estadísticos

Para evaluar el efecto de los tratamientos en el porcentaje de germinación, se utilizó un Modelo Lineal Generalizado (MLG), con distribución binomial con el programa estadístico R versión 3.3.1 (R Development Core Team, 2015). Las diferencias significativas entre los niveles de los factores se evaluaron utilizando el paquete Multcomp versión 1.3 en el programa R.

Resultados y discusión

Referente a la germinación hubo un efecto significativo debido al tipo de almacenamiento ($F=212.82$, $gl=1$, $P<0.001$), los tratamientos pregerminativos ($F=4.19$, $gl=4$, $P=0.004$) y la interacción de ambos ($F=3.24$, $gl=4$, $P=0.016$).

El porcentaje de germinación más alto se dio con las semillas almacenadas a 4°C para todos los tratamientos pregerminativos, en comparación con las almacenadas a temperatura ambiente. Para las semillas almacenadas a 4°C no se encontraron diferencias significativas



entre los tratamientos pregerminativos y el control. Por otra parte, para las semillas almacenadas a temperatura ambiente el control junto con la semilla de los tratamientos de estratificación en arena húmeda y remojo en agua por 72 h presentaron los mayores porcentajes de germinación (Figura 2).

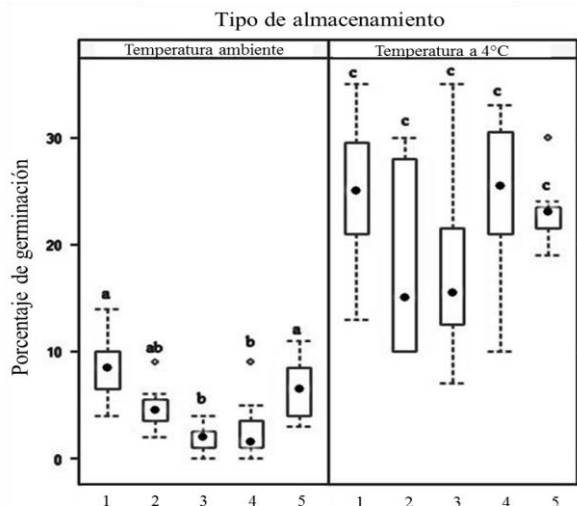


Figura 2. Porcentaje de germinación por tipo de almacenamiento y tratamientos pregerminativos: 1 = control; 2 = estratificación en arena húmeda; 3 = remojo por 24 horas; 4 = remojo por 48 horas; 5 = remojo por 72 horas. Las letras diferentes indican diferencias significativas.

En cuanto a las pruebas de enraizado, en ninguna se obtuvo la formación de raíces después de tres meses y seis meses de iniciado el experimento. Debido a lo anterior no se llevaron a cabo análisis estadísticos.

La propagación de *A. jorullensis* ha sido poco estudiada en México; sin embargo, existe información general para el género proveniente de Centro y Sudamérica. Respecto al porcentaje de germinación, Ludeña (2012) menciona que puede llegar a ser del 50 al 80% en función del almacenamiento. Por ejemplo, Murillo *et al.* (2000) reportaron que las semillas de *Alnus acuminata*, almacenadas durante nueve meses a 5°C, tuvieron un porcentaje de germinación de 16.64% a 60.75%. En este estudio, después de nueve meses, las semillas almacenadas a 4°C presentaron porcentajes de germinación que se encuentran dentro del intervalo antes mencionado, con un mínimo de 17.62% y un máximo de 24.87%.

Al respecto, Calderón (2007) y Dunn (1987) recomiendan que la semilla de *A. jorullensis* se debe almacenar a 4°C para mantener su viabilidad, lo que coincide con los resultados de



este trabajo, ya que bajo este tipo de almacenamiento se obtuvo un mayor porcentaje de germinación con respecto a aquellas almacenadas a temperatura ambiente.

Los resultados de los tratamientos pregerminativos de semillas, provenientes de ambos tipos de almacenamiento, sugieren que la semilla de esta especie no requiere de tratamiento pregerminativo como menciona Dunn (1987). Sin embargo, Oliva y Arévalo (2010) reportaron un porcentaje de germinación de 89% en semillas de *Alnus* bajo remojo a 48 horas, mientras que en este estudio se registró un porcentaje de 2.6% (almacenadas a temperatura ambiente) y 24.6% (almacenadas a 4°C) para el mismo tratamiento. Aunque la estratificación también es recomendable para este género (Ludeña, 2012), en este estudio no mostró diferencias significativas respecto a los otros tratamientos pregerminativos.

En este trabajo el tipo de sustrato (*peat moss* y suelo local) no mostró un efecto significativo en el porcentaje de germinación; sin embargo, Queya (2015) reportó porcentajes de germinación de 88% y 85% en *Alnus acuminata*, empleando sustratos de arena fina, turba y suelo local (2:2:1) y arena fina, turba y suelo local (1:2:1), respectivamente. La no diferencia entre los sustratos utilizados sugiere que se pueden utilizar éstos indistintamente, pero en el caso de los productores locales, la utilización de suelo local en la producción de planta a partir de semilla podría ser la mejor opción, porque es más económico y de fácil obtención.

Para el caso de la propagación por medio de estacas, los resultados fueron negativos en las tres pruebas. En *A. acuminata* en Ecuador, Portilla (2012) registró un porcentaje de enraizamiento de 58% a los 50 días, utilizando tierra de páramo y humus (2:1). A diferencia de Armijos y Sinche (2013), quienes reportaron que en *A. acuminata* la propagación por medio de estacas de individuos adultos y con aplicación de ANA (ácido naftalenacético) fue casi nula, ya que al cuarto mes obtuvieron un 6.66% de enraizamiento, correspondiente a una sola estaca en un sustrato compuesto de: tierra de montaña, arena fina y humus (3:1:1). Lo anterior contrasta con lo reportado en este trabajo donde los resultados fueron negativos, a pesar de haber utilizado estacas provenientes de individuos juveniles, ya que la capacidad de enraizamiento está asociada con el carácter juvenil de la especie (Caso, 1992).

Con respecto a la aplicación de reguladores de crecimiento en *Alnus*, Mesén *et al.* (1996) mencionaron que el AIB a una concentración de 0.2% dio los mejores resultados. Lo que difiere con este estudio, donde no se obtuvo enraizamiento, a pesar de la aplicación de AIB a diferentes concentraciones (0.1%, 0.3%, 0.8% y al 1%) en estacas de individuos juveniles y





adultos. Esto posiblemente se deba a que la especie presenta características muy leñosas que impiden la producción de raíces, que podría explicar la respuesta negativa a este método de propagación (Armijos y Sinche, 2013).

Conclusiones

1. Las semillas de *A. jorullensis* almacenadas a 4°C tuvieron una mejor capacidad germinativa y no requieren de ningún tratamiento pregerminativo para su germinación. 2. El tipo de sustrato no influyó sobre el porcentaje de germinación. 3. *Alnus jorullensis* presentó porcentajes de germinación muy bajos y una nula capacidad de enraizamiento, dadas las condiciones de conservación en que se encuentra la especie que crece en el PNCP.

Literatura citada

- Álvarez, H. 1956. Estudio forestal del “jaúl” (*Alnus jorullensis* HBK) en Costa Rica. Tesis de Maestría en Agricultura. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- Armijos, A. y M. Sinche. 2013. Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas en vivero utilizando dos tipos de sustratos, en la hoya de Loja. Tesis de Ingeniero forestal. Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 87 p.
- Calderón, M. 2007. Extracción y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de la corteza de Aliso común (*Alnus jorullensis* Humboldt, Bonpland & Kunth), proveniente de San Lucas Sacatepéquez Guatemala. Tesis de la Facultad de ingeniería. Universidad de San Carlos. Guatemala. 103 p.
- Caso, O. 1992. Juvenilidad, rejuvenecimiento y propagación vegetativa de las especies leñosas. Agriscientia IX(1):5-16.





- Dunn, W. 1987. A fuelwood management plan and cost-benefit analysis for alder (*Alnus jorullensis*) in the Ecuadorian Andes. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Arizona. Estados Unidos de América.
- López-Sánchez, C. 2014. Uso de leña y estufas ahorradoras en la comunidad El Conejo, Mpio. de Perote, Ver. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 69 p.
- Ludeña, J. 2012. Efecto de dos tratamientos pregerminativos en semillas de Aliso (*Alnus acuminata*) y Pino (*Pinus patula*), Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Tesis de Ingeniería. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 68 p.
- Maldonado, M., G. García, J. García y A. Rojas. 2017. Propagación vegetativa de nanche *Malpighia mexicana* y *Byrsonima crassifolia*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(3):611-619.
- Mesén, F., R. Leakey y A. Newton. 1996. Propagadores de subirrigación: un sistema simple y económico para la propagación vegetativa de especies forestales. p. 101-110. In: Salazar, R. (ed.). Avances de la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias. Managua, Nicaragua.
- Minchala-Patiño, J., V. Eras-Guamán, L. Muñoz-Chamba, M. Yaguana-Arévalo, R. Poma-Angamarca y G. Delgado-Paredes. 2013. Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales nativas y promisorias de la Región Sur del Ecuador. Cedamaz 3(1):5-17.
- Murillo, Y., S. Quirós y O. Salazar, R. 2000. Variación en parámetros de germinación después de dos años de almacenamiento en *Alnus acuminata*. p. 211-215. In: Segundo Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. CATIE. Santo Domingo, República Dominicana.
- Navia-E. J., Y. Carli y J. Garcia. 2001. Comportamiento del Aliso *Alnus jorullensis* HBK en su fase de establecimiento en un arreglo silvopastoril, en las propiedades del suelo del Altiplano de Nariño. Ciencias Agrícolas 18(2):132-139.





- Oliva, M. y V. Arévalo. 2010. Efecto de los tratamientos pregerminativos en el incremento de la germinación en semillas de Aliso *Alnus jorullensis*, en el Distrito de Valera, Región Amazonas. Trabajo de investigación. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Perú.
- Portilla, D. 2012. Propagación vegetativa del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) utilizando dos tipos de sustrato en la parroquia La Esperanza. Tesis de Ingeniería forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 49 p.
- Queya, F. 2015. Germinación y emergencia de semillas de aliso (*Alnus acuminata*) en cinco tipos de sustratos en la estación experimental Cota-Cota de la Facultad de agronomía - La paz. Tesis de Ingeniería. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. 69 p.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Uribe, M., R. Durán, G. Bravo, F. Mora, P. Cartes y C. Delaveau. 2011. Propagación vegetativa de *Berberidopsis corallina* Hook.f., una especie en peligro de extinción, endémica de Chile. *Gayana Botánica* 68(2):135-140.





PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MADERA DE DOS VARIETADES DE *Ochroma pyramidale* RECONOCIDAS EN CHIAPAS, MÉXICO

Ana Patricia Pérez Caballero^{199*}, Guadalupe Martha Bárcenas Pazos¹⁹⁹, Samuel Israel Levy Tacher¹⁹⁹
y Susana Ochoa Gaona¹⁹⁹

Resumen

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de la madera de dos variedades de *Ochroma pyramidale* (madera balsa) con base en los ensayos establecidos por la norma "Método de ensayos estándar para pequeños especímenes de madera libre de defectos" publicado por la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM D143-09). Los resultados se analizaron utilizando el programa estadístico IBM SPSS de acuerdo con los estándares de un Modelo Lineal General Univariante y un arreglo de Factores Anidados. La evaluación de la interacción de los resultados entre las trozas en cada variedad, demostró que en la mayoría se obtuvieron valores independientes entre ellas, con excepción de los resultados de contracciones radiales y longitudinales. En el ANOVA se obtuvieron diferencias significativas para los resultados de contracciones tangenciales y volumétricas, así como para los resultados de las propiedades de f_{c_p} en compresión perpendicular a la fibra y dureza en los laterales (DL) en condición seca ($CH = 12\% \pm 2\%$). A partir de estos resultados es posible clasificar a la madera balsa como una madera de densidad media, secado rápido, regular estabilidad dimensional, las propiedades de $f_{c_{máx}}$ en compresión paralelo a la fibra, $f_{c_{máx}}$ en cortante paralelo a la fibra, MOE y MOR en flexión, DL de dureza Janka son adecuados para el uso de la madera balsa. Se concluyó que, a la edad de cinco años de crecimiento, la calidad de la madera balsa obtenida en este estudio es equiparable con la proveniente de plantaciones comerciales de países como Papúa Nueva Guinea y Ecuador, así como la madera balsa que se comercializa en México. Pese a la extremada ligereza de la madera balsa, se reconoció la capacidad de absorción de energía en el ensayo de compresión paralela. Finalmente, para un aprovechamiento eficiente del material y reducir los

¹⁹⁹ El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). *anperez@ecosur.edu.mx





defectos, se debe considerar el delicado proceso de secado y de transformación de esta materia prima.

Palabras clave: densidad básica, contracciones, rigidez, madera, balsa

Introducción

El propósito de definir el uso de la madera es conocer su comportamiento de acuerdo con sus características intrínsecas que, en razón de su naturaleza biológica, presenta grandes variaciones, especialmente cuando se considera origen, edad y sitio de crecimiento (Flórez *et al.*, 2014). De tal forma que, ante la amplia variedad de especies forestales disponibles en México, es necesario la clasificación de su madera de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas, para evaluar las posibles formas de su aprovechamiento comercial, en términos de procesos constructivos y de diseño (ASTM, 2009; Sotomayor, 2005).

En México, *Ochroma pyramidale* crece de manera natural en el sur de México, en particular en la Selva Lacandona, donde se utiliza para acortar el período de barbecho de la vegetación en descanso, para su posterior aprovechamiento agrícola, así como, para elaborar artesanías o para construcciones rústicas. En esta región se han identificado dos variedades de *Ochroma*, las cuales hacen referencias a *O. pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. o var. *typica* y *O. lagopus* var. *bicolor* (Rowlee) (Standley y Steyermark, 1949), que se diferencian por el color de los peciolos.

Considerando las ventajas ecológicas de las dos variedades de *O. pyramidale* en la Selva Lacandona (Douterlungne *et al.*, 2005; Levy-Tacher y Duncan-Golicher, 2004; Vleut *et al.*, 2013) son nulos los estudios referentes a las características físicas y mecánicas de la madera de esta especie proveniente de esta zona, por lo tanto, es necesario conocer sus propiedades y definir sus principales usos. Por lo que en este estudio se determinaron las características físicas y mecánicas de la madera de las dos especies de *O. pyramidale* reconocidas en Chiapas, México.





Materiales y métodos

El estudio tuvo lugar en la comunidad de Lacanjá Chansayab (16°46'08" N y 91°08'12" O), municipio de Ocosingo, Chiapas, México. Con una altitud de 350 msnm y se caracteriza por su clima cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y parte del otoño, así como una corta temporada seca (marzo-mayo) (INEGI, 2015). Para efectos del presente estudio, la madera de las dos variedades provino de árboles que fueron plantados de forma alternada en el perímetro de un área de cultivo, los cuales tienen cinco años de crecimiento.

Se trocearon cinco árboles por cada variedad y, de ellos, se tomaron tres trozas con una longitud de 1.20 m, que fueron trasladados al Laboratorio de Pruebas de Productos Maderables del Instituto de Ecología A.C., ubicado en la ciudad de Xalapa-Enríquez, Veracruz, donde se realizaron los procesos de selección, elaboración e identificación de los especímenes, así como los ensayos físicos y mecánicos con base en la norma ASTM D143-09 "Método de ensayos estándar para pequeños especímenes de madera libre de defectos" (ASTM, 2009).

Ensayos físicos y mecánicos

Mediante la metodología establecida en la norma ASTM D143-09, se realizaron los ensayos mecánicos en compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular a las fibras, cortante paralelo a las fibras, dureza Janka y flexión estática, los cuales se realizaron en una máquina universal INSTROM 3385H con capacidad de 25 toneladas y el software *Bluehill*. Se realizaron con un contenido de humedad en seco ($CH = 12\% \pm 2\%$), para el cual los especímenes de ensayo se mantuvieron en una cámara con condiciones ambientales estables para mantener ese valor, hasta la realización de los ensayos (ASTM, 2009).

El secado se realizó en el área de secado del Laboratorio en los meses de febrero y marzo de 2017, siguiendo la metodología descrita por Bárcenas (1995). Los ensayos de contracciones y de densidad básica relativa (pa/vv) se hicieron de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D-143 (ASTM, 2009), con la salvedad de que los especímenes fueron de 25 x 25 x 25 mm.





Los resultados obtenidos en los ensayos físicos y mecánicos se evaluaron en el programa SPSS IBM, Versión 21, bajo de un Modelo Lineal General Univariante con un arreglo de factores anidados y se utilizó un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Propiedades físicas de la madera

En el Cuadro 1 se describen los valores de densidad básica relativa (pa/vv) y contracciones de la madera de dos variedades de *O. pyramidale* reconocidas en Lacanjá Chansayab, Chiapas. A partir de estos resultados es posible clasificar a la madera balsa con base en la segregación de densidades exclusiva para su comercialización en el nivel internacional, como una densidad *media* (120-180 kg/m³) (Midgley *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Densidad básica relativa (pa/vv) y contracciones para la madera de dos variedades de *Ochroma pyramidale* reconocidas en Lacanjá Chansayab, Chiapas.

Propiedad	Variedad <i>typica</i>			Variedad <i>bicolor</i>			Troza (Variedad)	Variedad
	Media + SD	Mín.	Máx.	Media + SD	Mín.	Máx.	P<0.05	
Densidad básica relativa (pa/vv)	0.156 ± 0.006	0.15	0.17	0.152 ± 0.01	0.13	0.18	0.925	0.44 0
Tangenciales (%)	6.08 ± 1.24	4.50	8.48	7.17 ± 1.55	5.07	8.60	0.481	0.048
Radial (%)	2.27 ± 0.34	1.83	2.96	2.74 ± 0.37	2.25	3.60	0.000	0.107
Longitudinal (%)	1.16 ± 0.22	0.75	1.49	1.13 ± 0.15	0.97	1.50	0.000	0.320
Volumétrica (%)	10.44 ± 1.54	8.36	12.9	11.68 ± 0.96	10.68	13.20	0.005	0.038

SD = desviación estándar. Máx = máximo. Mín = mínimo.

Aunque estos valores se diferencian en la nomenclatura de cada procesador, el agrupamiento de la madera de acuerdo con la densidad es importante para todas las operaciones en el procesamiento de esta materia prima. De acuerdo con Kotlarewski *et al.* (2016), la clasificación que se obtuvo es una ventaja porque la madera ensayada con una densidad de la clase media, demostró resultados superiores a los especímenes con densidades más altas y más bajas. Esta propiedad física se considera la más importante de la madera debido a que es un indicador confiable, principalmente de su resistencia mecánica,





trabajabilidad, contracciones, calidad de acabados y poder calorífico (Borrega *et al.*, 2015; Easterling *et al.*, 1982; Echenique-Manrique y Robles-Fernández, 1993).

Asimismo, se obtuvieron diferencias significativas en los porcentajes de contracciones tangenciales y volumétricas. Mientras que el análisis de anidación por trozas reflejó una interacción significativa dentro de cada variedad para las contracciones radiales, longitudinales y volumétricas. Finalmente, se obtuvo una relación en contracciones tangenciales/radiales (Ct/Cr) para la variedad *typica* de 2.68 y para la variedad *bicolor* de 2.62 (Cuadro 1). En el ensayo de contracciones, los valores tangenciales y volumétricos fueron clasificados como *altos* y *muy altos* (Fuentes, 1988), los cuales se consideran apropiados para la densidad de la madera balsa (Echenique-Manrique *et al.*, 1975). La relación entre contracciones tangencial-radial se clasifica como *muy alta* para la madera de las dos variedades de *O. pyramidale* (Fuentes, 1988), lo que se considera desfavorable porque es un indicador de distorsiones y agrietamientos durante el proceso de secado, debido a que una mayor contracción se asocia con una baja densidad (Silva-Guzmán, 2008). En la actualidad, no existe información con relación a las contracciones de la madera balsa mexicana, pero sí de otras latitudes con ensayos basados en las normas ASTM. Los valores de las contracciones evaluadas en la balsa son similares a los reportados por Kretschmann (2010), quien describe valores para las contracciones tangenciales (7.6%), radiales (3%) y volumétricas (10.8%). Asimismo, también coinciden con Echenique-Manrique *et al.* (1975) para la misma especie, con excepción de la clasificación “*muy alta*” que se reporte para los valores de contracciones volumétricas.

Secado al aire libre

En el ensayo de velocidad de secado, la madera de las dos variedades alcanzó su contenido de humedad en equilibrio en 30 días aproximadamente. En el inicio del ensayo, la madera de la variedad *typica* contenía 40% más de agua que la variedad *bicolor*; sin embargo, al finalizar el ensayo, el contenido de humedad en equilibrio promedio de la madera de ambas variedades fue similar (14%). Se interpreta que el tiempo de secado de la madera balsa proveniente de Lacanjá Chansayab fue favorecido por el tamaño de los lúmenes y de las paredes celulares (Borrega *et al.*, 2015). El tiempo de sacado obtenido en este trabajo es





similar al reportado por Echenique-Manrique *et al.* (1975), lo que ayuda a clasificarla como una madera de secado *rápido* (Bárceñas-Pazos, 1995).

Es importante reconocer que la densidad, el tiempo de secado y los porcentajes de contracciones que presenta la madera balsa, la hacen propensa para desarrollar algunos defectos, por ejemplo, acanalamientos, arqueamientos, alabeos de canto, grietas en las superficies y rajaduras en los extremos, por lo que es importante tomar precauciones durante el proceso de secado para evitar su aparición. Se recomienda utilizar metodologías específicas como las que propusieron Echenique-Manrique *et al.* (1975) o las recomendadas por los programas (US) de secado como T10-D4S para 1" y el T8-D3S para 2" (Silva-Guzmán, 2008).

Propiedades mecánicas en condición seca

En el Cuadro 2 se presentan los valores de los ensayos mecánicos realizados en condición seca (CH = 12% ± 2%), para la madera de dos variedades de *O. pyramidale*. Se muestran diferencias significativas en el análisis entre variedades para $f_{c_{lp}}$ de compresión perpendicular y dureza lateral (*DL*).

Cuadro 2. Significancia estadística y descripción de los valores medios de los ensayos mecánicos en condición seca (CH = 12% ± 2%) para la madera de dos variedades de *O. pyramidale*.

Ensayo	Propiedad	Variedad <i>typica</i>			Variedad <i>bicolor</i>			Troza (Variedad) Variedad	
		Media ± SD	Mín.	Máx.	Media ± SD	Mín.	Máx.	P < 0.05	
CP	$f_{c_{máx}}$ (Mpa)	15.01 ± 2.97	10.50	20.20	13.91 ± 3.66	5.60	20	0.400	0.208
CB	$f_{c_{lp}}$ (Mpa)	0.85 ± 0.15	0.67	1.05	0.60 ± 0.28	0.00	1.00	0.900	0.010
VR	$f_{c_{máx}}$ (Mpa)	2.12 ± 1.03	1.16	4.49	1.60 ± 0.55	1.16	3.32	0.900	0.133
	$f_{c_{lp}}$ (Mpa)	15.51 ± 3.28	10.75	18.65	17.05 ± 3.97	11.40	23.40	0.700	0.438
FE	MOR (Mpa)	19.43 ± 3.94	13.90	23.50	21.00 ± 4.91	13.70	28.30	0.600	0.542
	MOE (Mpa)	3089 ± 736	1967	3940	3568 ± 914	2020	5212	0.500	0.304
DJ	DE (N)	926 ± 195	697	1274	819 ± 211	574	1293	0.300	0.268
	DL (N)	527 ± 97	426	722	391 ± 127	255	709	0.500	0.012

CP = compresión paralela a la fibra. CB = compresión perpendicular a la fibra. VR = cortante paralelo a la fibra. FE = flexión estática. DJ = dureza Janka, IT = tenacidad, $f_{c_{máx}}$ = esfuerzo máximo en compresión paralela a la fibra (MPa), $f_{c_{lp}}$ = esfuerzo en el límite de proporcionalidad en compresión perpendicular a la fibra (MPa), $f_{c_{máx}}$ = esfuerzo máximo en cortante paralelo a la fibra (MPa), MOR = módulo de ruptura en flexión (MPa), MOE = módulo de elasticidad en flexión (MPa), DE = dureza en los extremos (N), DL = dureza lateral (N).





Las propiedades mecánicas que presenta la madera balsa, en relación con su peso, son causadas por que presenta una alta inclinación de las microfibrillas en las capas S1 y S3, en la capa S2 tiene un bajo ángulo de inclinación en la microfibrilla, con respecto del eje longitudinal de la célula, la cual que favorece la resistencia en compresión paralela a la fibra, particularmente en la rigidez (Bergander y Samén, 2002; Borrega y Gibson, 2015; Cave, 1969; Da Silva y Kyriakides, 2007). Por su parte, la cristalización de la celulosa (80% al 90%) también influye en la disminución del peso de la madera balsa (Borrega y Gibson, 2015; Honorato-Salazar *et al.*, 2015). De acuerdo a Silva-Guzmán (2008), las propiedades de $f_{C_{máx}}$ en compresión paralelo a la fibra, $f_{C_{máx}}$ en cortante paralelo a la fibra, MOE y MOR en flexión, DL de dureza Janka son adecuados para el uso de la madera balsa. Generalmente, los valores presentados en el Cuadro 2 son mayores a los presentados por Echenique-Manrique *et al.* (1975), Kotlarewski *et al.* (2016), Kretschmann (2010) y Moncayo-Galárraga (2017). Con ello se puede argumentar que la madera balsa que crece en la Lacandona es más resistente que la proveniente de otros países a pesar de su corta edad.

Conclusiones

1. La madera de las dos variedades de *Ochroma pyramidale* no mostraron diferencias significativas en los valores de propiedades físicas y mecánicas ensayadas. 2. A la edad de cinco años de crecimiento, la calidad de la madera balsa obtenida en este estudio es equiparable con la proveniente de plantaciones comerciales de países como Papúa Nueva Guinea y Ecuador, así como la madera balsa que se comercializa en México. 3. El delicado proceso de secado y de transformación de esta materia prima debe ser considerado en futuros estudios para hacer más eficiente el aprovechamiento de todo el material.

Literatura citada

ASTM (American Society of Testing Materials). 2009. ASTM D143-09: standard test methods for small clear specimens of timber. ASTM Annual Book of Standards:Part. 22, 47-72.





- Bárceñas-Pazos, G. M. 1995. Caracterización tecnológica de veinte especies maderables de la Selva Lacandona. *Madera y Bosques* 1:9-38.
- Bergander, A. and L. Salmén. 2002. Cell wall properties and their effects on the mechanical properties of fibers. *Journal of materials science* 37(1):151-156.
- Borrega, M., P. Ahvenainen, R. Serimaa and L. Gibson. 2015. Composition and structure of balsa (*Ochroma pyramidale*). *Wood Science and Technology* 49:403-420.
- Borrega, M. and L. Gibson. 2015. Mechanics of balsa (*Ochroma pyramidale*) wood. *Mech. Mater.* 84:75-90.
- Cave, I. D. 1969. The longitudinal Young's modulus of *Pinus radiata*. *Wood science and technology* 3(1):40-48.
- Da Silva, A. and S. Kyriakides. 2007. Compressive response and failure of balsa wood. *International Journal of Solids and Structures* 44:8685–8717.
- Douterlungne, D., S. I. Levy-Tacher, H. Perales-Rivera y D. Álvarez-Solís. 2005. Establecimiento de acahuales a través del manejo tradicional lacandón de *Ochroma pyramidale* Cav. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 36 p.
- Easterling, K., R. Harrysson, L. J. Gibson and M. F. Ashby. 1982. On the Mechanics of Balsa and Other Woods. *Royal Society of London* 383:31-41.
- Echenique-Manrique, R., J. Barajas-Morales, L. Pinzón-Picaseño y V. Pérez-Morales. 1975. Estudio botánico y ecológico de la región del Río Uxpanapa, Veracruz. Características Tecnológicas de la madera de diez especies. Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos. Uxpanapa, Veracruz, México. 66 p.
- Echenique-Manrique, R. y F. Robles-Fernández. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera I. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Flórez, J. B., P. F. Trugilho, J. T. Lima, P. R. G. Hein y J. R. M. C. Silva. 2014. Caracterización de la madera joven de *Tectona grandis* L. f. plantada en Brasil. *Madera y bosques* 20(1):11-20.
- Fuentes-Salinas, M. 1988. Apuntes para el curso de tecnología de la madera I. (Serie de poyo académico n. 33). Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México.





- Honorato-Salazar, J. A., G. Colotl-Hernández, F. Apolinar-Hidalgo y J. Aburto. 2015. Principales componentes químicos de la madera de *Ceiba pentandra*, *Hevea brasiliensis* y *Ochroma pyramidale*. *Madera y bosques* 21(2):131-146.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. Principales resultados del Censo de Población y vivienda. <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>. [consultado el 03 de marzo de 2016]].
- Kotlarewski, N. J., B. Belleville, B. K. Gusamo and B. Ozarska. 2016. Mechanical properties of Papua New Guinea balsa wood. *European Journal of Wood and Wood Products* 74:83-89.
- Kretschmann, D. E. 2010. Mechanical Properties of Wood. *In: Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. Centennial. Madison, Wisconsin.
- Levy-Tacher, S. I. and J. Duncan-Golicher. 2004. How predictive is traditional ecological knowledge? The case of the Lacandon Maya fallow enrichment system. *Interciencia* 29:496-503.
- Midgley, S., M. Blyth, N. Howcroft, D. Midgley and A. Brown. 2010. Balsa: biology, production and economics in Papua New Guinea. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra.
- Moncayo-Galárraga, G. A. 2017. Caracterización de las propiedades mecánicas de la madera balsa (*Ochroma pyramidale*) ecuatoriana. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador. 100 p.
- Silva-Guzmán, J. A. 2008. Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Tomo II. CONAFOR. Zapopan, Jalisco.
- Standley, P. and J. Steyermark. 1949. Flora of Guatemala. *In: Williams T. P., J. Gentry y P. Williams, (eds.). Flora of Guatemala*. Chicago Natural History Museum. Chicago, USA.
- Sotomayor, J. R. 2005. Características mecánicas y clasificación de la madera de 150 especies mexicanas. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* 1:1-24.
- Vleut, I., S. I. Levy-Tacher, W. F. de Boer, J. Galindo-González and N. Ramírez-Marcial. 2013. Can a fast-growing early-successional tree (*Ochroma pyramidale*, Malvaceae) accelerate forest succession? *Journal of Tropical Ecology* 29:173-180.





EFFECTO DE UN RETENEDOR DE HUMEDAD EN LA SUPERVIVENCIA DE MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*) EN UNA ZONA SEMIÁRIDA

Gabriel Sosa Pérez^{200*}, David Efraín Herмосillo Rojas²⁰⁰, Pedro Jurado Guerra²⁰⁰ y Plácida Lorena
González Trevizo²⁰¹

Resumen

Una técnica que se ha utilizado en los últimos años para incrementar la supervivencia en las plantaciones forestales es la adición de polímeros retenedores de humedad. A pesar de su uso, hay escasa información sobre su efecto, especialmente para las zonas áridas del norte de México. El objetivo fue evaluar el efecto de un polímero retenedor de humedad (hidrogel) en la supervivencia, a diez meses, de una plantación de mezquite (*Prosopis glandulosa*) en una zona árida del estado de Chihuahua, México. El experimento consistió en cuatro dosis o tratamientos con cinco repeticiones: 0 g (testigo), 3 g, 6 g, y 10 g de polímero retenedor de agua, hecho de poliacrilato de potasio. La unidad experimental fue una línea de 10 plantas. Después de la plantación, se realizaron evaluaciones de supervivencia a los 5, 13, 19, 26, 37 y 45 días, así como a los 2.5, 6.4 y 9.5 meses. Sólo fue posible medir humedad con un TDR (Time-Domain Reflectometer) a los 5 y 13 días, debido a la deshidratación del polímero. Los resultados de supervivencia fueron bastante similares en cada evaluación y sin diferencias estadísticamente significativas. La supervivencia empezó a decrecer a los 6.4 meses, durante la época de sequía, con una media general del 86% pero sin diferencia entre los tratamientos. La menor supervivencia fue a los 9.5 meses, con una media del 59%, pero tampoco hubo diferencias significativas entre los tratamientos. El valor más bajo de supervivencia fue para el tratamiento de 10 g por planta, con una media de 50% y la media incrementó a 58, 62 y 66% para los tratamientos de 3, 0 y 6 g, respectivamente. No hubo diferencia en el contenido de humedad entre los tratamientos durante las primeras dos evaluaciones debido a la rápida deshidratación del hidrogel. Estos resultados indican el corto

²⁰⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua. *sosa.gabriel@inifap.gob.mx

²⁰¹ Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua.





tiempo en que el hidrogel es capaz de retener la humedad bajo condiciones extremas de sequía y que, debido a la escasa precipitación, difícilmente se puede dar una rehidratación. Es importante realizar más evaluaciones en diferentes condiciones ambientales que apoyen la toma de decisiones de los técnicos y productores forestales.

Palabras clave: hidrogel, plantaciones forestales, zonas áridas

Introducción

El éxito o fracaso de una plantación forestal, en sus primeros años de establecida, depende de un gran número de factores tanto climáticos como técnicos. Los primeros no se pueden controlar por el hombre, mientras que los factores técnicos tienen un origen totalmente antropogénico y, por ende, pueden ser de alguna manera manipulados. Estos factores comprenden desde el sistema de producción de planta en el vivero, transporte, método de plantación y manejo post plantación. Dentro de estos factores, uno muy importante es la calidad de planta (Duryea, 1985; Rodríguez, 2008); sin embargo, aún y cuando se utilice una planta de buena calidad, existen otras causas muy importantes de mortalidad de planta, asociadas principalmente con la sequía y a las características adversas de los sitios de plantación. Esto ha provocado que a nivel nacional las tasas de supervivencia sean bajas. Por ejemplo, el nivel de sobrevivencia de las plantaciones establecidas en México en 2014 fue de 56% y, este valor, fue más de cinco puntos porcentuales con respecto a los registrados en el periodo 2010-2013 (CONAFOR, 2016). Para las zonas áridas y semiáridas del estado de Chihuahua los mismos informes reportan valores de supervivencia de tal sólo 33%.

Por lo anterior, es necesario implementar técnicas y nuevas tecnologías que permitan incrementar éstos índices de supervivencia sobre sitios con condiciones adversas y sin posibilidades de riegos auxiliares. Algunos estudios han reportado que se ha incrementado la supervivencia al reducir el estrés pos-transplante, mediante la mejora de las condiciones micro-ambientales con el uso de ecotecnologías, como tubos protectores, empajados, polímeros retenedores de humedad, enmiendas inorgánicas y restos de corta (Piñeiro *et al.*,





2013; Vilagrosa *et al.*, 2005). Dentro de éstas, una técnica que se ha incrementado, en los últimos años, es la adición de polímeros retenedores de humedad (hidrogel) en las plantaciones forestales. Sin embargo, a pesar de su incremento en el uso, hay escasa información sobre el efecto de dichos retenedores en la supervivencia y no se han realizado evaluaciones para las diferentes condiciones ambientales del norte de México y, en específico, para las zonas áridas y semiáridas del estado de Chihuahua. Por tal razón, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un polímero retenedor de humedad en la supervivencia, a diez meses, de una plantación de mezquite (*Prosopis glandulosa*) en una zona árida del estado de Chihuahua.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Aldama, Chihuahua, México. El sitio de plantación se localiza en las coordenadas 28° 51' 07.80" Latitud Norte y 105° 52' 07.08" Longitud Oeste, a una altitud de 1205 m. El clima predominante en la región es muy seco semicálido [BS₀kw (w)] y la temperatura media anual varía entre 18 y 22°C (INEGI, 2003). La precipitación media anual fluctúa entre 250 y 300 mm, con régimen de lluvias en verano (Medina *et al.*, 2006), mientras que la precipitación invernal es menor al 5% del registro anual (INEGI, 2003).

La plantación se realizó el 9 de septiembre de 2017, con planta de cuatro meses de edad producida en un vivero con malla sombra y en contenedores de polietileno negro con un volumen de 310 cm³. El diámetro promedio de la planta fue de 2.8 ± 0.3 mm con una altura promedio de 40.8 ± 9.5 cm. Para la preparación del terreno se utilizó una rastra de discos, de forma uniforme, en todo el terreno de tal forma que se facilitara la realización de las cepas para la plantación. El terreno no tiene pendiente y, debido a la rugosidad creada por el paso de la rastra, no tenía escurrimiento superficial hacia alguna dirección en particular, por lo que no fue necesario realizar terrazas individuales a las plantas o alguna otra obra de captación de agua. El diseño consistió en cuatro tratamientos (dosis del polímero o hidrogel) distribuidos completamente al azar con cinco repeticiones. Las dosis fueron 0 g (testigo), 3 g,





6 g, y 10 g de polímero retenedor de agua hecho de poliacrilato de potasio, el cual fue previamente hidratado al momento de la plantación. A las plantas testigo se les aplicó sólo agua, sin el polímero. La unidad experimental o repeticiones fueron líneas de 10 plantas, dando un total de 200 plantas en todo el experimento. Después de la plantación se realizaron evaluaciones de supervivencia a los 5, 13, 19, 26, 37 y 45 días, así como a los 2.5, 6.4 y 9.5 meses después de la fecha de plantación. Para fines prácticos, cada evaluación es presentada de la uno a la nueve.

Para los datos exactos de precipitación, durante el periodo de estudio, se utilizó un pluviómetro de balancín con *data logger* instalado en el sitio de plantación. Con el fin de evaluar la humedad del suelo mezclado con el polímero se realizaron mediciones de contenido de humedad a cada planta con una sonda TDR 300 (Spectrum Technologies Inc), utilizando varillas de 12 cm de largo. Sólo fue posible medir humedad con el TDR (Time-Domain Reflectometer) a los 5 y 13 días, debido a que a los 19 días el polímero de fue deshidratando, dejando espacios de aire en el suelo que generaban datos erróneos en las lecturas de humedad. Para el análisis estadístico de datos se realizó un análisis de varianza utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.3.

Resultados y discusión

Los resultados de supervivencia fueron bastante similares en cada evaluación y sin diferencias estadísticamente significativas. Durante las primeras dos evaluaciones no hubo mortandad de planta (Figura 1), mientras que a los 19 días la media general decreció al 98%, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p=0.36$).



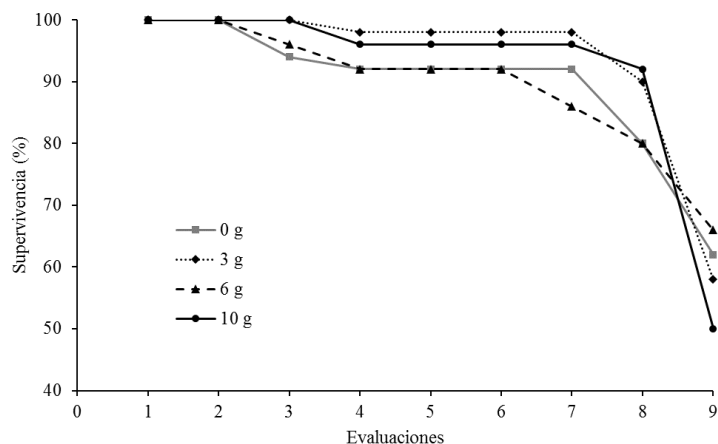


Figura 1. Porcentaje de supervivencia para cada dosis de polímero retenedor de agua durante nueve evaluaciones del estudio.

A partir de la tercera evaluación (16 de octubre), prácticamente un mes después de la plantación, el porcentaje de supervivencia para todos los tratamientos se mantuvo entre el 90 y el 98%; éstos valores se mantuvieron hasta los 2.5 meses de la plantación (séptima evaluación), excepto para la dosis de 6 g por planta, que tuvo un promedio de 86% de supervivencia, pero el valor no fue estadísticamente diferente con respecto a los otros tratamientos ($p=0.11$). La supervivencia disminuyó a los 6.4 meses o penúltima evaluación, la cual corresponde a la época de sequía (marzo de 2018), con una media general del 86%. El tratamiento de 0 g o testigo tuvo un 80% de supervivencia y éste valor fue igual a la media del tratamiento de 6 g por planta. De igual forma, los tratamientos de 3 y 10 g tuvieron valores similares con una media de 90 y 92%, respectivamente, y éstos últimos no fueron estadísticamente diferentes a los dos tratamientos anteriores ($p=0.50$).

Para la última evaluación, prácticamente después del periodo de sequía, la media general disminuyó a 59% y tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p=0.56$). El valor más bajo de supervivencia fue para el tratamiento de 10 g por planta con una media de 50%, y la media incrementó a 58, 62 y 66% para los tratamientos de 3, 0 y 6 g, respectivamente (Figuras 1, 2). En un análisis más detallado de la supervivencia de ésta última evaluación (Figura 2), se observa que el tratamiento de 10 g por planta tuvo un valor mínimo de 20% de supervivencia y un máximo de 80%. En contraste, los otros tres tratamientos tuvieron valores mínimos de 40% y máximos de 80%, a excepción de tratamiento testigo que tuvo un valor máximo del 90%.



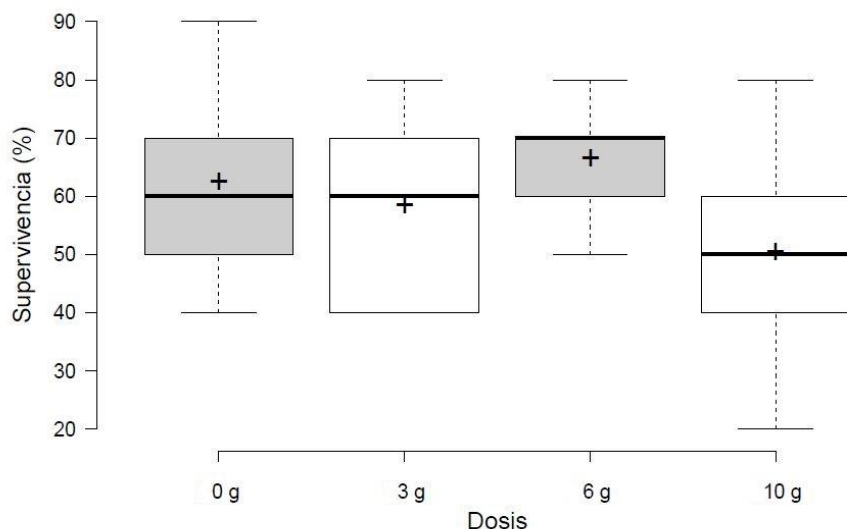


Figura 2. Porcentaje de supervivencia para cada dosis de polímero retenedor de agua a los 9.5 meses de establecida la plantación. La línea central representa la mediana, la cruz el promedio. n = 5 por cada dosis.

En cuanto a la precipitación, durante el periodo de estudio, del primero de julio a la fecha de plantación, que fue el 9 de septiembre de 2017, la precipitación total en el área fue de 262 mm; sin embargo, esta precipitación total es producto de varios eventos distanciados en tiempo, pues previo a la plantación el evento más significativo de lluvia ocurrió 15 días antes (26 de agosto) con escasamente 9 mm de precipitación (Figura 3). Después de la plantación y hasta el 06 de junio de 2018 la precipitación total registrada fue de apenas 62 mm.

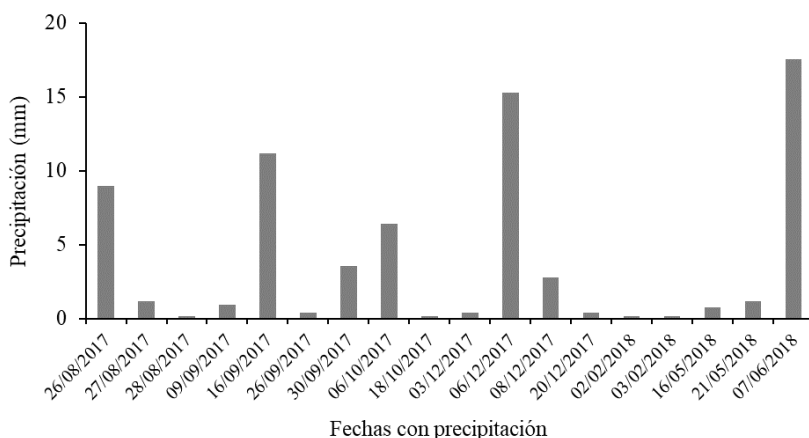


Figura 3. Precipitación por fecha de ocurrencia registrada en el sitio de estudio en Aldama, Chihuahua durante el periodo del 26 de agosto de 2017 al 7 de junio de 2018. La fecha de plantación fue el 9 de septiembre de 2017.

Con relación a la humedad del suelo en la planta, como mencionado anteriormente, sólo fue posible realizar dos mediciones, una a los cinco días (Figura 4a) y otra a los 13 días (Figura 4b).

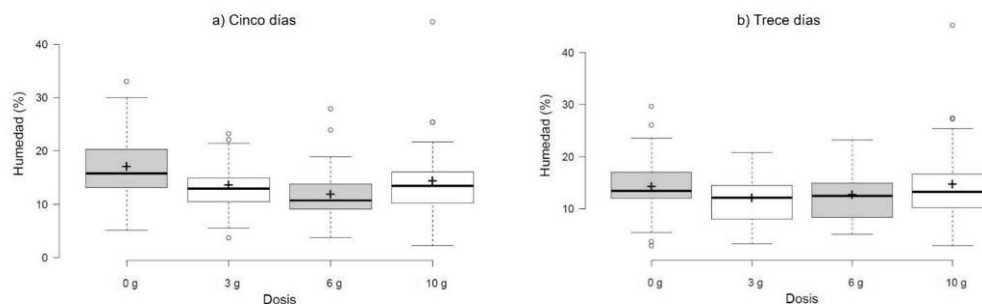


Figura 4. Contenido de humedad en el suelo de cada planta medido con una sonda TDR: a) cinco días después de la plantación; y b) trece días después de la plantación. n = 50 por cada dosis.

La relativamente baja cantidad de humedad en el suelo a escasamente cinco días de la plantación (Figura 4a) probablemente fue causado por la poca humedad que tenía el suelo al momento de la plantación y a la ausencia de eventos de lluvia durante los cinco días posteriores a la plantación (Figura 3). Esto probablemente provocó el rápido descenso de la humedad suministrada al momento de la plantación para todos los tratamientos. A diferencia del testigo, los tratamientos con el polímero dejaron espacios de aire en el suelo a medida que se fueron deshidratando, y esta porosidad del suelo fue cualitativamente observada al momento de incrustar las varillas del TDR. Dado que al testigo se le aplicó sólo agua, no hubo una significativa modificación en la porosidad del suelo al momento de la pérdida de humedad y esto provocó que el promedio más alto de humedad a los cinco días fuera para el testigo con 16.7%, aunque este valor fue diferente únicamente a la media de la dosis de 6 g por planta que tuvo el valor más bajo con 11.6% ($p=0.03$). No hubo diferencia entre el testigo y los otros dos tratamientos cuyo promedio fue de 13.3% y 14.1% para los tratamientos de 3 g y 10 g por planta, respectivamente. El promedio general de humedad en el suelo a los cinco días de la plantación fue de 13.9%.

El único evento de precipitación más significativo entre la primera y segunda evaluación de humedad fue el día 16 de septiembre, con 11 mm de precipitación (Figura 3), lo cual aparentemente no fue suficiente para la rehidratación del polímero, pues el segundo



muestreo en humedad tuvo valores bastantes similares al primero (Figura 4b), con una media general de 13.1% y sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p=0.24$). Posterior a estas fechas hubo eventos muy aislados de precipitación durante todo el estudio, lo que aparentemente no fue suficiente para la rehidratación del polímero. Por el contrario, se observó que la deshidratación fue generando más espacios de aire en el suelo lo que impidió seguir utilizando el mismo método de medición de humedad debido al contacto de los espacios de aire con las varillas del TDR. En un estudio similar, donde se utilizó hidrogel para el establecimiento de *Pinus greggi* en Coahuila (García, 2017), no se encontraron diferencias significativas en la humedad promedio de 10 meses entre una dosis de 25 g de hidrogel por planta (40.03% de humedad) y el testigo (32.93% de humedad). De igual forma, no se reportó diferencia entre la supervivencia, con una media de 83% para el tratamiento de hidrogel, contra 92% en el testigo. En otro estudio con dosis de hidrogel en la supervivencia y desarrollo de *Pinus arizonica*, bajo condiciones de sequía extrema en Coahuila, tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de 2.5, 5 y 7.5 g con una media general del 43% (Patricio, 2014).

Conclusiones

1. A casi 10 meses de establecida la plantación de mezquite no hubo diferencias significativas de supervivencia entre diferentes dosis de hidrogel.
2. La efectividad del polímero para retener la humedad en el suelo es muy corta en condiciones de sequía, en especial para las zonas áridas donde la precipitación es muy escasa.
3. El contenido de humedad en el suelo, después de la aplicación del hidrogel, se reduce aceleradamente y no hay la oportunidad de una rehidratación debido a los pocos eventos de lluvia.
4. Igualdad de condiciones, en términos de humedad, del suelo para los diferentes tratamientos durante los meses críticos de sequía.
5. Es importante realizar más evaluaciones en diferentes condiciones ambientales que apoyen la toma de decisiones a los técnicos y productores forestales, especialmente en aquellos proyectos de reforestación donde no es posible aplicar riegos auxiliares.





Literatura citada

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2016. Monitoreo de Restauración Forestal y Reconversión Productiva 2014. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 276 p.
- Duryea, M. L. 1985. Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. p. 1-4. *In*: Duryea, M. L. (ed.). Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major test. Oregon State University. Corvallis, USA.
- García, V. J. T. 2014. Sobrevivencia y crecimiento en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 49 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. INEGI. Aguascalientes, Ags. 145 p.
- Medina, G., G. Díaz, M. Berzoza, M. M. Silva, A. H. Chávez y A. D. Baez. 2006. Estadísticas Climatológicas del Estado de Chihuahua (Periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Norte Centro. Chihuahua, Chih. 235 p.
- Patricio, H. N. 2014. Evaluación de tres dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo de *Pinus arizonica* Engelm. Variedad *stormiae* Martínez plantados bajo condiciones de sequía extrema. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- Piñeiro, J., F. T. Maestre, L. Bartolomé and A. Valdecantos. 2013. Ecotechnology as a tool for restoring degraded drylands: A meta-analysis of field experiments. *Ecological Engineering* 61:133-144.
- Rodríguez, T. D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. México, D. F. 156 p.
- Vilagrosa, A., J. Cortina, E. Rubio, R. Trubat, E. Chirino, E. Gill-Pelegrin *et al.* 2005. El papel de la ecofisiología en la restauración forestal de ecosistemas mediterráneos. *Invest. Agrar: Sist. Recur For.* 14:446-461.





COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE BIOMASA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DE ASERRÍO EN EL ESTADO DE PUEBLA

Patricia Aguilar Sánchez^{202*}, Ricardo Musule Lagunes²⁰³ y Casimiro Ordóñez Prado²⁰²

Resumen

Puebla es uno de los estados con mayor aprovechamiento maderable, también cuenta con más de 100 centros de transformación de donde se emanan residuos, en forma de aserrín, costeras o pedacería. Estos no tienen un destino para que puedan ser aprovechados y generar un ingreso extra u otros beneficios sociales, por lo que es importante conocer la composición química de la biomasa, principalmente para aplicaciones energéticas y poder darle un valor agregado a esta materia prima. La composición química es variable entre las especies, ya que depende del material lignocelulósico. Por lo que el objetivo de este documento fue investigar las características químicas elementales (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre) de residuos de tres especies procesadas en la industria de aserrío, como son *Abies religiosa* (oyamel), *Pinus patula* (pino) y *Hevea brasiliensis* (hule), provenientes de Chignahuapan, Puebla. Los resultados obtenidos muestran que, en estas especies, el contenido de carbono y oxígeno son los elementos más abundantes con valores entre el 49-47% y 44-43% respectivamente, en comparación con los otros elementos.

Palabras clave: carbono elemental, nitrógeno, azufre, hidrógeno y oxígeno

Introducción

Puebla es uno de los estados con mayor aprovechamiento en México. La superficie forestal del estado ocupa 1´674,763.2 ha (SEMANART y CONAFOR, 2015), de las cuales, cerca de 75,000 ha se encuentran bajo manejo forestal sustentable, aportando una producción

²⁰² Campo Experimental San Martinito. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

*aguilar.patricia@inifap.gob.mx.

²⁰³ Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia. Universidad Nacional Autónoma de México.





maderable de aproximadamente 300,000 m³ total rollo (SEMARNAT, 2017). Dentro de ese aprovechamiento, también hay una generación de residuos o biomasa, teniendo así un potencial estimado de 61,378 mg/año en la industria del aserrío (Ordóñez *et al.*, 2013).

La industria del aserrío de la región de Chignahuapan es la más importante en Puebla; es abastecida principalmente de pino oyamel y hule, con lo que se generan productos como: tablas, tablonos, vigas, tarimas, cajas para frutas, entre algunos otros. Durante la elaboración de esos productos se generen residuos como el aserrín, costeras y pedacerías, que en muchos casos no son utilizados y se convierten en desechos sin algún fin (López-Hernández *et al.*, 2017).

Los residuos provenientes de la madera se clasifican en biomasa forestal primaria y biomasa secundaria. Los residuos provenientes de la primera de las biomásas son generados por las actividades de silvicultura en los bosques como; aclareos, podas, aprovechamientos forestales; los de la secundaria se genera en los procesos de transformación como: aserrín, costeras o capotes, recortes, etc. Esta biomasa secundaria habitualmente suele utilizarse como fuente de energía, donde los materiales vegetales, a través del proceso de la fotosíntesis, son transformados en energía química, que puede recuperarse de varias formas: obteniendo otros productos químicos, transformándola en un combustible o quemándola directamente (Romanelli *et al.*, 2015).

Para poder utilizar cualquier biomasa como medio energético es importante evaluar parámetros químicos de importancia, esto para definir la viabilidad de las materias primas, es decir, determinar si es factible para un combustible sólido o líquido, o alguna otra alternativa, como bioproducto (García y Maserá, 2015).

Entre otras aplicaciones, la composición química de la biomasa es importante para la producción de energía como la combustión directa. La composición entre los diferentes tipos de materiales es variable, especialmente con respecto a los componentes orgánicos e inorgánicos que contienen, donde muchos de estos pueden provocar problemas de cenizas, escorificación, entre otros (Jenkins *et al.*, 1998). En particular, los análisis elementales aportan información sobre la proporción de cada elemento contenido en el material, destacando que la composición puede variar de acuerdo con el tipo de biomasa y la región donde se colecta (Bustamante *et al.*, 2016). Sin embargo, es poca la información que se puede encontrar con respecto a estos estudios y para la biomasa proveniente de diferentes





especies, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar la composición elemental de la biomasa residual generada en la región de Chignahuapan, Puebla, como una parte fundamental de la composición química de las especies seleccionadas.

Materiales y métodos

Colecta

Se llevó a cabo una colecta de aserrín en los principales aserraderos de la región de Chignahuapan, Puebla; en cada sitio se tenían identificados estos residuos, correspondientes a las especies de oyamel, pino y hule. El aserrín fue colocado en bolsas negras con su respectiva identificación. Posteriormente, se llevaron al Campo Experimental San Martinito del INIFAP- Puebla, para su preparación en los análisis químicos.

Preparación de la muestra

Para este procedimiento se consideró la norma TAPPI T 257 "Preparación de madera para análisis químico"; siguiendo las recomendaciones, en un molino tipo Thomas Wiley, se realizó una reducción de tamaño de las partículas de aserrín. Posteriormente, el material molido se tamizó con mallas No. 40 y 60, utilizando para los análisis el material retenido en la malla número 60. Las muestras tamizadas se colocaron en bolsas de plástico debidamente identificadas y se almacenaron para su posterior análisis.

Análisis elemental

El análisis se realizó en un equipo AE 2400 series II CHONS Perkin Elmer, siguiendo la metodología recomendada por el proveedor. Se analizaron 2 ± 0.03 mg de cada biomasa, con tres repeticiones para cada variable analizada, utilizando como gas acarreador He (UAP) y una temperatura de oxidación de 975°C . El contenido de oxígeno se estimó por diferencia, restando al total las proporciones porcentuales correspondientes de cada elemento ($100\% - \%C - \%N - \%H - \%S$). Para la calibración del equipo se utilizó cistina.





Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza mediante el modelo lineal generalizado (GML), así como una comparación de medias por Duncan, todo ello en el software estadístico SAS 9.3®.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis elemental de la biomasa residual muestran que el contenido de carbono, en las tres especies estudiadas, se encuentra entre el 47 y 49%. El pino y el oyamel presentaron mayor contenido de este elemento que el hule, donde las diferencias entre especies son significativas con un $p < 0.05$. En contraste, con el contenido de oxígeno, el hule contiene mayor cantidad que las otras dos especies. Estas diferencias también se presentan en el contenido de nitrógeno, donde el hule presentó casi el doble del contenido que el pino y oyamel, con un 0.4%. En cuanto a los elementos de hidrógeno y azufre no mostraron diferencias significativas en su contenido (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición elemental de la biomasa residual seleccionada.

Elemento	Agrupamiento Duncan	Media (%)	N	Especie
Carbono	A	49.11	3	Pino
	A	49.07	3	Oyamel
	B	47,81	3	Hule
Oxígeno	A	44,78	3	Hule
	B	43,8	3	Oyamel
	B	43,75	3	Pino
Hidrógeno	A	6,23	3	Pino
	A	6,23	3	Oyamel
	A	6,2	3	Hule
Azufre	A	0,69	3	Oyamel
	A	0,68	3	Pino
	A	0,53	3	Hule
Nitrógeno	A	0,4	3	Hule
	B	0,21	3	Pino
	B	0,2	3	Oyamel





Actualmente, 50% de carbono se promulga ampliamente como un valor genérico para la madera; sin embargo, se ha encontrado que, para especies de madera dura, el contenido de carbono va del 46.27% a 49.97% y en coníferas está en un rango de 47.21% a 55.2% (Barton, 1984; Lamblom y Savidge, 2003). En cuanto a los demás elementos, Barton (1984) refiere porcentajes en especies forestales de 44% para oxígeno, 6% para hidrógeno y 0.1% para nitrógeno. Por otro lado, un estudio relacionado con la especie de *Abies religiosa* (oyamel) reporta porcentajes para carbono, hidrógeno y oxígeno de $41.2 \pm 0.8\%$, $6.6 \pm 0.3\%$ y $51.1 \pm 1.0\%$, respectivamente (Musule *et al.*, 2017), estos resultados son menores en comparación con los obtenidos en esta investigación.

Conclusiones

1. Los resultados del análisis elemental de los residuos forestales evaluados en este trabajo, mostraron valores significativos de los elementos de carbono, oxígeno y en menor proporción de hidrógeno, azufre y nitrógeno en general para las tres especies; sin embargo, las especies más con mayor contenido de carbono fueron el *Pinus patula* (pino) y *Abies religiosa* (oyamel), con 49% en promedio y el contenido de oxígeno fue mayor en *Hevea brasiliensis* (hule) respecto a las demás especies.

Literatura citada

- Barton, G. M. 1984. Definition of biomass samples involving wood, bark and foliage. *Biomass* 4(4):311-314.
- Bustamante G., V., A. Carrillo P., J. A. Prieto R., J. J. Corral-Rivas y J. C. Hernández D. 2016. Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(38):5-24.
- García B., C. A. y O. Masera C. 2016. Estado del arte de la bioenergía en México. Publicación de la Red Temática de Bioenergía (RTB) del CONACYT. México. 104 p.





- Jenkins, B. M., L. L. Baxter, T. R. Miles Jr. and T. R. Miles. 1998. Combustion properties of biomass. *Fuel Processing Technology* 54(1-3):17-46.
- Lamlom, S. H. and R. A. Savidge. 2003. A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* 25(4):381-388.
- López-Hernández, J. A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monarrez-Gonzalez, M. A. González-Tagle y J. Jiménez-Pérez. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23(1):39-51.
- Musule, R., E. Acuña, L. S. Romero-Hermoso O., Z. Domínguez, G. M. Bárcenas-Pazos, M. R. Pineda-López *et al.* 2017. Growing up at Different Altitudes: Changes in Energy Content of the *Abies religiosa* Wood. *BioEnergy Research* 11(1):209-218.
- Ordóñez P., C., E. Buendía R., N. Carrillo Á., R. Flores V. y M. E. Fuentes L. 2013. Distribución espacial de residuos forestales en el estado de Puebla. *In: 3er. Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Puebla. 18 p.*
- Romanelli G., P., D. M. Ruiz y G. A. Pasquale. 2015. Química de la biomasa y los biocombustibles. Universidad Nacional de la Plata. Libros de Cátedra. Argentina. 112 p.
- SEMARNAT. 2017. Anuario estadístico de la producción forestal 2016. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>
- SEMARNAT y CONAFRO. 2015. Inventario Estatal Forestal y de Suelos Puebla. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.





DINÁMICA HISTÓRICA DE LOS INCENDIOS FORESTALES, REGIONES COSTA SUR Y SIERRA DE AMULA, JALISCO-MÉXICO

Rubén Darío Guevara Gutiérrez^{204*}, Oscar Arturo Barreto García^{205*}, Elías Alejandro Muñoz
Gómez²⁰⁶, José Luis Olguín López²⁰⁴, Oscar Raúl Mancilla Villa²⁰⁷, José de Jesús Huerta Olague²⁰⁵ y
José Manuel Ramírez Romero²⁰⁴

Resumen

La incidencia de incendios forestales en México constituye un problema ambiental de primera magnitud; éstos han sido siempre considerados por agricultores y ganaderos como una herramienta cultural, que ha sido punto de controversia con los habitantes de zonas urbanas, ambientalistas, universidades y funcionarios de gobierno, ocasionando problemas de entendimiento y toma de acuerdos. En el presente estudio, de forma preliminar, se realizó un análisis de la dinámica del fenómeno a través de las estadísticas obtenidas de la página oficial de la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, describiendo y analizando los principales factores de incidencia, área de afectación, duración del siniestro, causa e instituciones combatientes; haciéndose hincapié en aquellos incendios con base a su afectación limítrofe municipal y su incidencia en ellos.

Palabras clave: quemas, causas de incendios, actividades agropecuarias

Introducción

La percepción del fuego en el Siglo XX fue concebida, principalmente, como una amenaza a la sociedad y a los recursos naturales; en respuesta a ello, diversos países desarrollaron

²⁰⁴ Departamento de Ecología y Recursos Naturales del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. *rguevara@cucsur.udg.mx

²⁰⁵ Investigador colaborador

²⁰⁶ Tesista de proyecto

²⁰⁷ Departamento de Producción Agrícola del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara





programas de prevención, creando organizaciones para la supresión de éstos a fin de protección, prevención y eliminación; de esta forma la sociedad perdió la noción del fuego como una herramienta útil y como proceso importante en la formación y mantenimiento de ecosistemas; su exclusión, considerada como “exitosa”, ha provocado incendios más dañinos para bosques, suelos y cuencas, a un costo económico cada vez mayor (Myers, 2006).

El fuego es uno de los factores de disturbio más comunes en los ecosistemas forestales que influye significativamente en su estructura, composición de especies, dinámica sucesional y funcionamiento (Pyne *et al.*, 1996; Rodríguez, 1996; Whelan, 1995). Por su parte, Shlisky *et al.* (2007) consideran es un proceso natural en la formación del medio ambiente y mantenimiento de la biodiversidad. Desde el punto de vista ecológico, el fuego constituye un disturbio, un evento súbito que daña los organismos de una comunidad, dejando espacios abiertos para que otros seres vivos lo colonicen (Juárez y Cano, 2007) y, de esta forma, los servicios provistos por los ecosistemas (aire limpio, agua limpia y suelos saludables y productivos) dependiendo de las adaptaciones de las especies, las características del medio ambiente, así como la intensidad de la quema, pueden verse afectados (Myers, 2006).

Rodríguez (2000) identificó que el fuego ha ayudado al ser humano a mantener y extender tipos de vegetación (pastizales, sabanas y muchos de los pinares), pero también se ha utilizado en demasía en muchos ecosistemas, al extremo que, junto con el sobrepastoreo, contribuyen a los procesos de deforestación, erosión del suelo, reducción de la biodiversidad, contaminación del aire, alteración del régimen hidrológico y pérdida de hábitat para la fauna silvestre. En referencia a la deforestación, Meyerson (2004) y la FAO (2012) reconocen su incremento en relación al crecimiento poblacional, actividades agrícolas (tala en zonas de borde) y expansión de cultivos forrajeros, o bien la aplicación de la práctica de roza-tumba-quema empleada para el desmonte (Lara *et al.*, 2012).

Basado en la NOM 0-15, la regulación del uso del fuego en la República Mexicana es de correspondencia del Estado, en referencia a las actividades agropecuarias o de otra índole, que pudieran afectar los ecosistemas forestales, así como de llevar a cabo acciones de prevención, capacitación y combate en congruencia con el programa nacional respectivo, participando y coadyuvando los gobiernos municipales en acciones de prevención y combate en coordinación con los gobiernos federal y estatal, de acuerdo con los programas de protección civil. Por su parte, la Comisión Nacional Forestal reconoce que el origen de los





incendios forestales pueden ser: Accidentales (rupturas de líneas eléctricas, accidentes automovilísticos, ferroviarios y aéreos); negligencias (quemadas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de áreas forestales); intencionales (quemadas por conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios.) y naturales (caída de rayos o erupciones volcánicas). De los reportes históricos, durante 1998 a 2005, las causas que mayor frecuencia dieron origen a los incendios forestales fueron: actividades agropecuarias (44%), intencional (19%), fogatas (12%), fumadores (11%), otras causas como: rayos, trenes, líneas eléctricas, cultivos ilícitos y basureros (8%), actividades forestales (3%), derecho de vía (2%) y otras actividades productivas (1%) (Secretaría de Gobernación, Diario Oficial, 2009). La CONAFOR, en 2017, registró 8,612 incendios forestales en 32 entidades federativas lo que afectó una superficie de 721,409.27 ha, siendo el estado de Jalisco la cuarta entidad con mayor número de incendios, pero la primera en superficie afectada con 191,698.34 ha (51% de la superficie total afectada). Ante lo expuesto, se manifiesta que el uso del fuego ha generado la preocupación de la sociedad en la toma de decisiones técnicas y acciones de su prevención y control, así como en el manejo de éste. Por lo que el objetivo de este trabajo fue realizar el análisis de la dinámica del fenómeno en el periodo del 2009 a 2015, procurando identificar los principales factores de incidencia y efectos de los incendios ocurridos en el contexto regional del estado de Jalisco; evaluándose la evolución del número de incendios, la superficie, parajes afectados, así como las instituciones y personal que ha intervenido en su combate en consideración a la limítrofe municipal de las regiones consideradas. Procurando identificar ejes de participación y estudio, a fin de dar alternativas a la comunidad agropecuaria bajo el entendimiento del impacto del fuego al medio ambiente y salud del ser humano.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente documento se centra en la región de influencia al Centro Universitario de la Costa Sur (CUCSur) de la Universidad de Guadalajara, conformada por 27 entidades



municipales, que se distribuyen sobre 17, 612 km² que representa el 22.4% del estado de Jalisco (Figura 1).

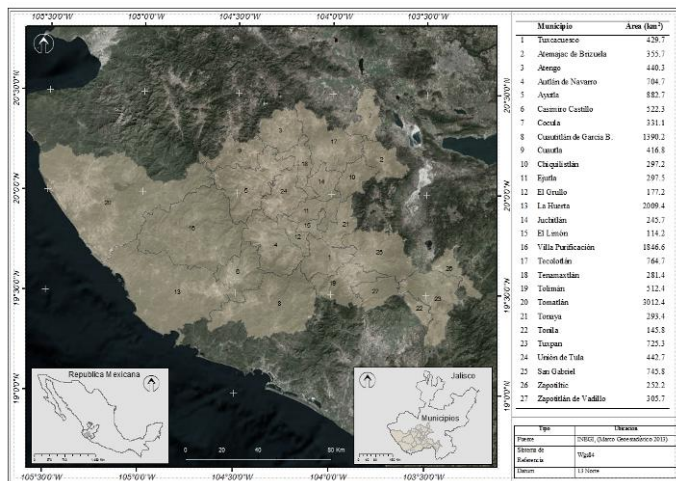


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Metodología

El análisis de la información histórica (2009 a 2015) fue a través de la revisión de la página oficial (siga.jalisco.gob.mx/webincendios) de la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET), de la que se generó la base de datos referida en función de la ocurrencia de los incendios forestales, extrayendo de cada municipio en cuestión: superficie afectada, fecha de ocurrencia, causa, tipo de incendio, vegetación afectada, así como el número y agrupaciones combatientes. El análisis que se presenta en este documento es preliminar, ya que se debe actualizar la base de datos con información de fines del 2017 a la fecha. El análisis de esta base de datos fue descriptiva longitudinal, con la cual se realizaron comparaciones dentro del municipio y entre municipios.

Resultados y discusión

La superficie de la región bajo estudio es de 17,834.3 km² y, de ella, sólo fue considerado aquel uso de suelo y vegetación asociado a los incendios, misma que equivale a 6,285.7 km², lo que representa 20.7% de la superficie total del estado de Jalisco, distribuida por los



usos de agricultura de temporal (2,495.2 km²), pastizal (2,456.6 km²), bosque (5,910.7 km²), así como selvas y vegetación secundaria (5,423.2 km²). Esta región alberga una población de 372,508 habitantes (5.52% de la población total del estado).

Con referencia a los registros históricos de incendios de la SEMADET, el estado de Jalisco para el año 2015 fue reconocido como la tercera entidad en la nación en frecuencia de incendios, con 364 (9.6% del total nacional) y la cuarta entidad más afectada en superficie con 8,018.5 ha (9.1% de la superficie del estado), valores que a través de los últimos nueve años han variado en superficie y frecuencia (Figura 2), siendo los años 2011, 2012 y 2013 los de mayor frecuencia (Figura 3). Condición que ha afectado coberturas vegetales como arbolado, arbustos y vegetación herbácea (Figura4).

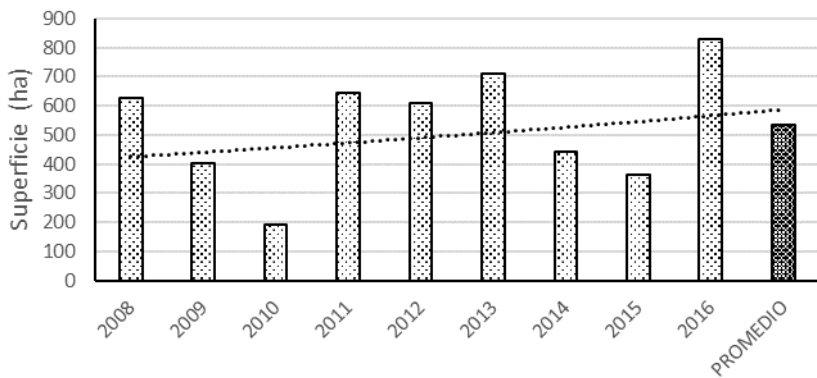


Figura 2. Superficie anual afectada por incendios forestales.

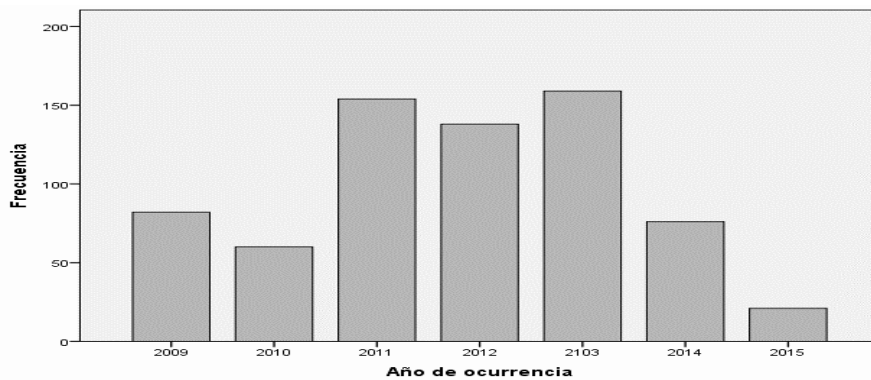


Figura 3. Número de reportes de incendios forestales.



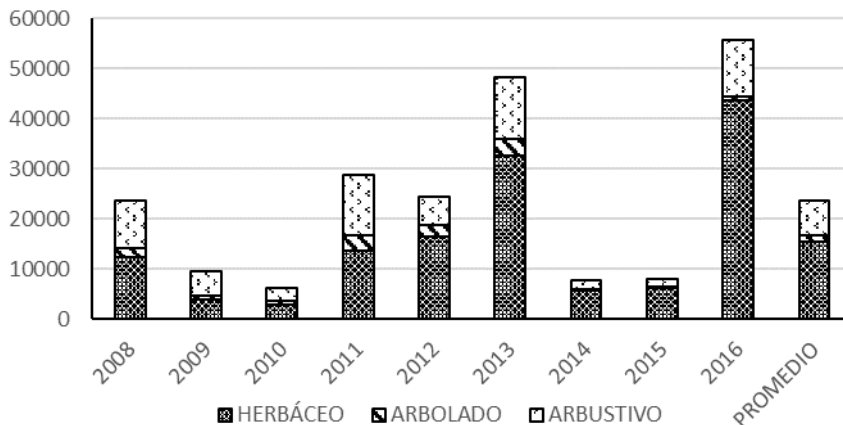


Figura 4. Vegetación afectada por incendios.

Para la región en estudio, los registros de incendios para el año 2015 reportan baja incidencia, misma que va de uno hasta 19 registros y, en superficie, desde una hectárea hasta 430 ha. Del análisis de los registros de incendios a nivel municipal, las entidades de mayor superficie afectada fueron: Tomatlán (3,012.4 km²), La Huerta (2,009.4 km²), Villa Purificación (1,846.6 km²), Cuautitlán de García Barragán (1,390.2 km²) y Ayutla (882.7 km²), variando en la frecuencia de ocurrencia (Figura 5), Cuautitlán de García Barragán fue el de mayor incidencia, resultado que supone estar relacionado a las actividades agrícola y ganadera (Cuadro 1).

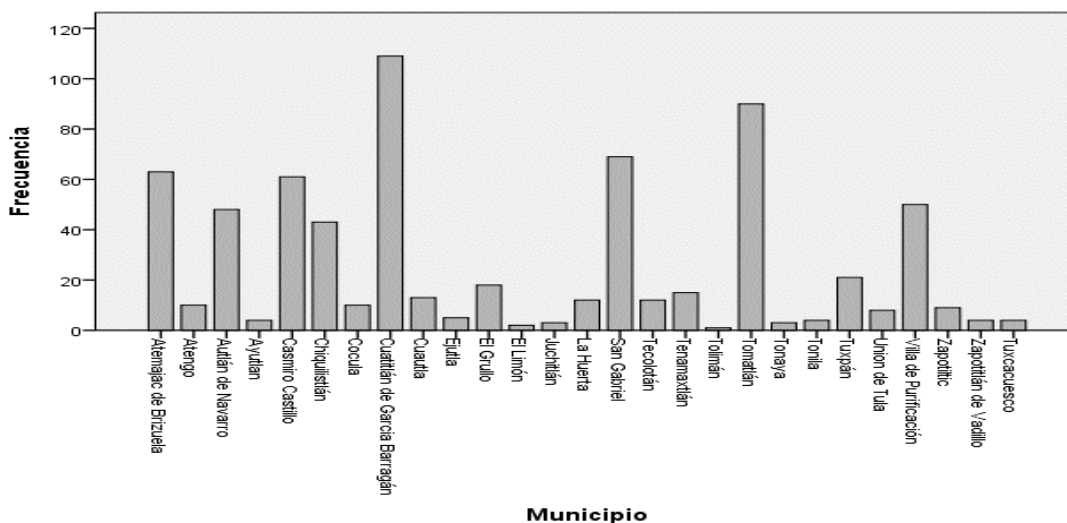


Figura 5. Registros de incendios a nivel municipal.





Cuadro 1. Causas identificadas en la ocurrencia de incendios forestales.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<ul style="list-style-type: none"> • Act. Agrop. • Cazadores furtivos • Descargas elect. • Fogatas • Paseantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Act. Agrop. • Cazadores furtivos • Fogatas • Fumadores • Litigios • Basureros 	<ul style="list-style-type: none"> • Act. Agrop. • Cazadores furtivos • Descargas elect. • Fogatas • Paseantes • Fumadores • Intencional • Limpia vía • Litigios • Naturales • Otras acts. • Basureros • Rencillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Act. Agrop. • Cazadores furtivos • Cult. Ilícitos • Descargas elect. • Fogatas • Fumadores • Intencional • Limpia vía • Litigios • Naturales • Otras acts. • Basureros • Rencillas • Transportes 	<ul style="list-style-type: none"> • Act. Agrop. • Cazadores furtivos • Fogatas • Paseantes • Fumadores • Limpia vía • Litigios • Naturales • Otras acts. • Basureros • Rencillas 	<ul style="list-style-type: none"> • Act. Agrop. • Cazadores furtivos • Cultivos ilícitos • Fogatas • Fumadores • Intencional • Otras acts. • Basureros • Rencillas

Los reportes de incendios están relacionados con los meses de mayor sequia e incremento de temperatura (marzo, abril, mayo y junio), y a los registros pluviométricos que inician a mediados del mes de junio; por ello, en estos meses se deben incrementar los trabajos de educación ambiental, así como la capacitación del uso y manejo del fuego en las comunidades para evitar los incendios mediante el uso incorrecto de éste, ya que a nivel región es fuerte la relación existente entre su ocurrencia y las actividades agropecuarias (Figura 6), afectando grandes extensiones de coberturas vegetales de bosques de encino, pino-encino, pino, selva baja caducifolia y pastizal natural (Figura 7).

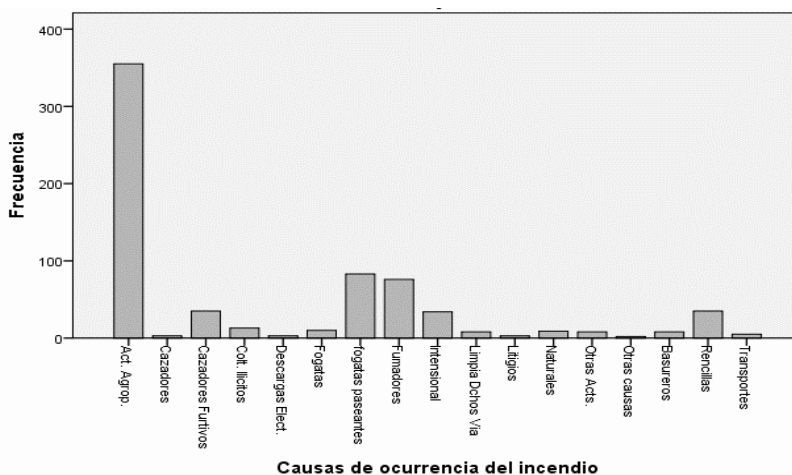


Figura 6. Causas de los incendios forestales.



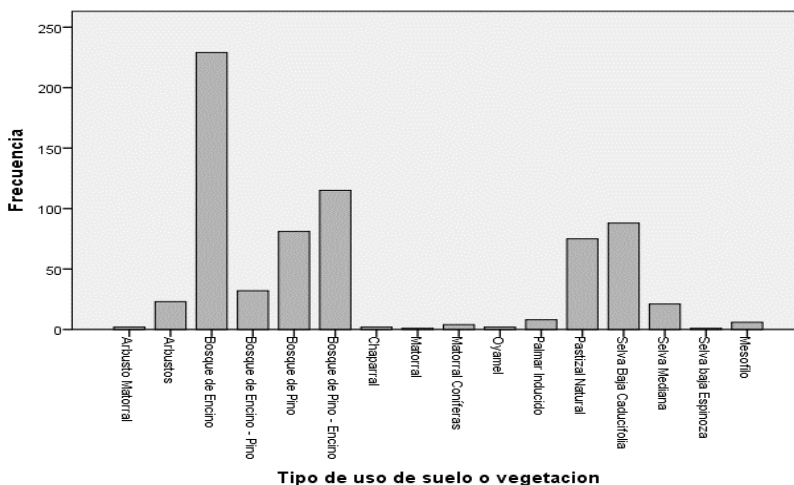


Figura7. Coberturas y usos de suelo afectadas por incendios forestales.

Conclusiones

1. Se reconoce que la expansión agrícola y pecuaria es la principal causa de la incidencia de este fenómeno, que junto con la deforestación y desarrollo de otras actividades humanas contribuyen de manera importante a la degradación de los ecosistemas. 2. El uso del fuego, como práctica técnico cultural, ha sido difundida a través del tiempo entre los ejidatarios y agricultores, pero sin la debida capacitación de manejo y uso de éste. Situación que ha provocado impactos negativos como emisiones de CO₂, degradación físico-química y biológica del suelo y agua, así como afectación de las recargas acuíferas, impactando sobre la salud ambiental y del ser humano, provocando el cambio del microclima regional. 3. La base de datos generada podrá ser empleada en la elaboración de una propuesta de investigación para la ayuda en la toma de decisiones (técnicas y prácticas) enfocadas a su prevención, control y uso del fuego, bajo la perspectiva integral de su entendimiento a fin de dar soluciones a la problemática en los ámbitos social, ambiental, agropecuario y forestal, y de su necesidad sociocultural.



Literatura citada

- Juárez, O. S. y Z. Cano S. 2007. El cuarto elemento y los seres vivos: ecología del fuego. *Ciencias* 85:4-12.
- Lara, P. E., L. Caso B, y M. Aliphath F. 2012. El sistema milpa roza, tumba y quema del maya itzá de San Andrés y San José, Peten Guatemala. *Ra Ximhai* 8(2).
- Myers, R. 2006. Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego. The Nature Conservancy Global Fire Initiative. Tallahassee, FL. 32 p.
- Meyerson, F. A. 2004. El crecimiento demográfico y la deforestación: una relación compleja y muy importante. Obtenido de Population Reference Bureau.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. El estado de los bosques del mundo. ROMA.
- Pyne, S. J., L. Andrews P. and D. Laven, R.1996. Introduction to wildland fire. John Wiley. Nueva York. 769 p.
- Rodríguez T., D. A. 2000. Educación e Incendios Forestales. 2ª ed. Mundi Prensa. México, D. F. 201 p.
- Rodríguez, T. D. A. 1996. Incendios forestales. Universidad Autónoma de Chapingo – MundiPrensa. México, D.F. 630 p.
- Secretaria de Gobernación. Diario Oficial. 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-015.SEMARNAT/SAGARPA-20107.
<http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3331/1/nom-015-semarnat-sagarpa-2007.pdf>
- Shlisky, A., J. Waugh, P. González, M. González, M. Manta, H. Santoso, *et al.* 2007. El Fuego, los Ecosistemas y la Gente: Amenazas y estrategias para la conservación global de la biodiversidad. Informe Técnico de la Iniciativa Global para el Manejo del Fuego 2007-2. The Nature Conservancy. Arlington, USA. 28 p.
- Whelan, R. 1995. The Ecology of Fire. Cambridge Univ. Press. Cambridge, Reino Unido.





EVALUACIÓN DEL MÉTODO CONVENCIONAL vs DISTANCIOMETRO LÁSER PARA MEDIR ALTURA DE ÁRBOLES EN UNA PLANTACIÓN FORESTAL

Julissa Lozano Rojas²⁰⁸, Jesús Jarillo Rodríguez^{209*}, Epigmenio Castillo Gallegos²⁰⁹, Zabdi Uziel
González López²⁰⁸, Hadhassa Bereshit Guerrero Vázquez²⁰⁸ y Rafael Olea Pérez²¹⁰

Resumen

La altura total (At) es una variable de importancia para el análisis de crecimiento en los árboles; sin embargo, suele ser una variable de difícil medición por métodos convencionales. Por lo tanto, se planteó el objetivo de comparar el método convencional (longímetro y/o estadal) con el uso del distanciómetro (medidor láser) para medir la h de árboles de aguacate silvestre (*Cinnamomum sp.*) y piocho (*Melia azedarach L.*). El trabajo se realizó en una plantación forestal comercial localizada en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México. La muestra fue de 50 árboles por especie, donde se realizó la medición de At de forma convencional y por distanciómetro. Los resultados de ambos procedimientos son semejantes estadísticamente para las dos especies. Presentaron un coeficiente de variación (CV) relativamente bajo: 9.41% en *M. azedarach* con el convencional y 9.53% con el distanciómetro, con una $R^2=0.86$; mientras que para *Cinnamomum sp.* fue de 10.16% en el convencional y 11.56% con el distanciómetro, además de una $R^2=0.81$. El error estándar para ambas especies y métodos varió de 0.22 a 0.25. El método convencional y el uso de distanciómetro para medir At de árboles poseen una precisión similar; sin embargo, el tiempo y la mano de obra requerida para medir con el distanciómetro es mucho menor en comparación con el método convencional.

Palabras claves: *Cinnamomum sp.*, correlación, distanciómetro, *Melia azedarach*

²⁰⁸ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván-Campus Tlapacoyan

²⁰⁹ Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical. *jarillorj22@hotmail.com

²¹⁰ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.





Introducción

El establecimiento de plantaciones forestales permite la preservación de especies, disminuye la degradación de los suelos y favorece la conservación de nichos ecológicos; además contribuye a reducir los efectos climáticos negativos, la utilización de los recursos genéticos y son fundamentales para desarrollar proyectos financieramente viables (White y Martin, 2002). La decisión de qué especie se va a plantar es del productor, que por lo general elegirá la especie, tanto especies exóticas como introducidas, que le genere mayores ganancias (Martínez *et al.*, 2006); sin embargo, en muchas ocasiones no son adaptables a las condiciones climatológicas de la región, por lo que se crea la necesidad de buscar especies alternativas que se adapten a estas condiciones; no obstante, por un lado, en el país, no hay programas que apoyen con incentivos económicos para el establecimiento de plantaciones de especies nativas y, por otro lado, se desconocen muchos aspectos sobre el desarrollo de estas especies maderables, por lo que es necesario generar información para el conocimiento de las mismas.

En este sentido, la altura total del árbol (At) y diámetro normal (dn) son dos variables que se consideran de importancia para el análisis del crecimiento de los árboles, cuyos datos son utilizados para inventarios forestales, programas de manejo, etc. Si bien, la altura es difícil de medir y propensa a errores (Castillo *et al.*, 2018), es una variable indispensable para la estimación del crecimiento de los árboles. Dada la densidad que se maneja en los sistemas forestales, el marco de plantación y la altura que los árboles pueden alcanzar, así como, las condiciones topográficas del lugar, es difícil la toma de datos con el método convencional (estadal y/o longímetro). Una alternativa es el uso de rayos láser, por ejemplo, el distanciómetro (medidor láser) que normalmente se utiliza para obtener alturas y distancias. Por lo que el objetivo del estudio fue comparar dos métodos para medir At de árboles forestales de dos especies cultivadas (*Cinnamomum* sp. y *Melia azedarach* L.) en asociación, en clima subtropical en el estado de Veracruz, México.





Materiales y métodos

Área de estudio

La plantación forestal comercial está establecida en un predio particular y se localiza en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México. La elevación varía de 822 a 881 m y las coordenadas geográficas son 19° 56' 40" latitud norte y 97° 15' 42" longitud oeste. El sitio pertenece a la provincia del eje Neovolcánico y la topografía es una sierra volcánica con laderas no empinadas. El suelo es Andosol lúvico, derivado de rocas ígneas extrusivas (ceniza volcánica, basalto y toba silíceas) y presenta un horizonte argílico; su capacidad de intercambio catiónico es de aproximadamente 250 cmol/kg de arcilla y su base de saturación es de aproximadamente 50%. El clima es (A)Cf, semicálido y húmedo, con precipitaciones de 2,000 a más de 2,500 mm por año y temperaturas mensuales de 16°C en enero a más de 32°C en junio, con un promedio anual de entre 20°C a 22°C (INEGI, 2009). La vegetación natural era un bosque subtropical perennifolio, que fue deforestado para plantaciones de café y pastizal en su mayoría (Castillo *et al.*, 2018).

Especies arbóreas en estudio

En la región de estudio, debido a que el crecimiento de *Cedrela odorata* L. es lento, así como también el de otras especies introducidas, el productor forestal, en lugar de establecer una plantación de cedro, optó por aguacate silvestre (*Cinnamomum* sp.) y *M. azedarach* conocida localmente como piocho (Castillo *et al.*, 2018), que son de relativo rápido crecimiento.

Establecimiento y manejo de los árboles

La siembra de esta plantación forestal fue en el año 2007, por lo tanto, actualmente tienen una edad de 11 años. Las especies estudiadas se establecieron en asociación dentro de la misma área; hileras sembradas con *Pinus chiapensis* (Martinez) Andresen y *M. azedarach*, alternadas con hileras de *Cinnamomum* sp., con una distancia de 3.0 m entre hileras. El espacio entre árboles dentro de las hileras de *P. chiapensis*/*M. azedarach* fue de 2.5 m y 5.0 m en las de *Cinnamomum* sp. El diseño de siembra contó con un árbol de *Cinnamomum* en el centro de un cuadrado con esquinas opuestas formadas por dos árboles de *M. azedarach* y dos árboles de *P. chiapensis* (Castillo *et al.*, 2018). Para la comparación de los



procedimientos para medir altura de árboles, la muestra de estudio fue de 50 árboles de *M. azedarach* y 50 árboles de *Cinnamomum* sp., distribuidos en la misma área de plantación.

Análisis de la información

Los datos de altura (h, m) con el método convencional se recopilaban en marzo de 2018. Para obtener h se usó una baliza de bambú con longímetro adherido, donde la marca 0 del longímetro se colocó en la parte superior del árbol y, posteriormente, la cinta restante se llevó a la base del árbol. La visualización de la marca 0 de la cinta en la punta del árbol se realizó con binoculares 10x.

Por otro lado, la recopilación de los datos con el distanciómetro se realizó en junio de 2018. Para obtener h se empleó un distanciómetro modelo Leica Disto™ D210 (la mención de una marca no implica su recomendación por parte de los autores), un medidor láser y digital de pequeño tamaño (Leica Disto™, s.f.).

La función trigonométrica que utiliza el distanciómetro es la del Teorema de Pitágoras (tres puntos). Para esto, el observador se sitúa de pie frente al árbol donde se pueda apreciar los extremos a medir. Sin moverse, se efectuaron tres mediciones: una línea dirigida a la punta más alta del árbol, otra línea perpendicular y otra línea a la base del árbol (Figura 1.). Por medio de funciones trigonométricas integradas del aparato, se registró la altura.

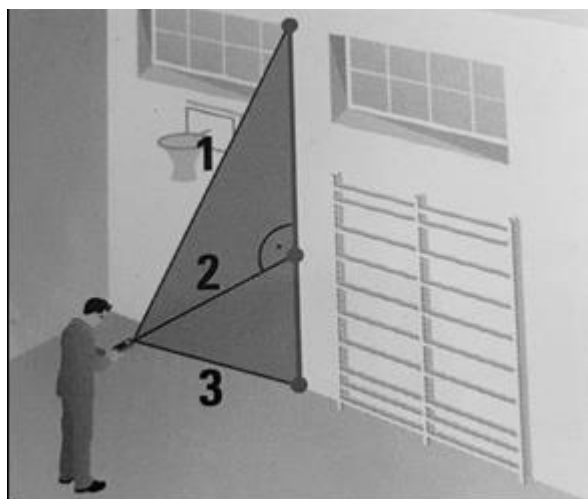


Figura 1. Función trigonométrica de Pitágoras (3 puntos). Leica Quick Start Leica Disto™ D210.



Para poder observar con mayor precisión el rayo láser, la medición se llevó a cabo con la menor presencia de luz, es decir, antes del amanecer. Los datos se capturaron en una hoja de cálculo y se obtuvieron los siguientes estadísticos descriptivos: número de observaciones, valores mínimos y máximos, media, desviación estándar, coeficiente de variación y error estándar de la media.

Resultados y discusión

Los datos estadísticos obtenidos para los dos métodos empleados en este experimento presentaron mínima diferencia para ambas especies (Cuadro 1). Por ejemplo, en el trabajo que Castillo *et al.* (2018) realizaron con *M. azedarach* y *Cinnamomum* sp., encontraron valores de coeficiente de variación (CV) para *M. azedarach* de 14.6% y 26.20% para *Cinnamomum* sp., lo que indica que el CV del presente trabajo es relativamente bajo para ambas especies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos para altura con dos métodos de medición en dos especies forestales que crecen en un ambiente semicálido y húmedo en el área de piedemonte de la Sierra Madre Oriental en Veracruz, México.

	Método de medición	
	Convencional	Distanciómetro
Observaciones	50	50
<i>Melia azedarach</i>		
Mínima	13.77	12.98
Máxima	19.68	18.9
Media	17.50	16.64
Desviación estándar	1.64	1.58
Coeficiente de variación (%)	9.41	9.53
Error estándar (SE)	0.23	0.22
<i>Cinnamomum</i> sp.		
Mínima	12.46	11.14
Máxima	18.39	18.88
Media	16.05	15.47
Desviación estándar	1.63	1.78
Coeficiente de variación (%)	10.16	11.56
Error estándar (SE)	0.23	0.25



En el presente estudio, el error estándar de la altura osciló de 0.22 a 0.25 con los dos métodos, esto puede relacionarse con el número de árboles medidos.

Se observó una correlación positiva entre los dos métodos para medir la altura de árboles, mostrando una dependencia de 0.92 en *M. azedarach* y de 0.90 en *Cinnamomum* sp., aunque no hay una relación directa entre las dos variables, cuando una aumenta la otra lo hace en una proporción semejante (Figura 2).

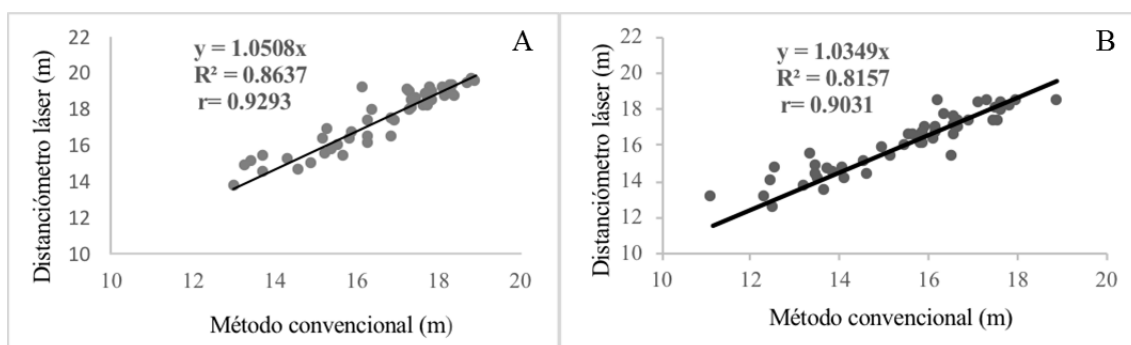


Figura 2. Correlación entre las alturas generadas por el método convencional y el distanciómetro, en dos especies forestales en un clima semicálido y húmedo del estado de Veracruz, México. A) Melia azedarach y B) Cinnamomum sp.

Los valores generados por ambos métodos para medir la altura de árboles, son similares; sin embargo, el tiempo y la mano de obra empleada para el muestreo, en un programa forestal, afectan significativamente los costos del proyecto. El distanciómetro puede aumentar la eficiencia en esta clase de trabajos y redundará en ahorros económicos (López, 2005). Aun cuando en el caso del distanciómetro, existe una inversión inicial, la ganancia que se obtiene puede ser importante, asimismo, con el distanciómetro, la medición de la altura puede ser realizada por una sola persona, mientras que el método convencional requiere de la participación de por lo menos tres personas.

En términos de la precisión de la información recabada por ambos métodos, es probable que el distanciómetro presente ventajas sobre el procedimiento convencional. El hecho de que en el sistema tradicional se tenga que medir físicamente incrementa la probabilidad de que se cometan errores, ya sea porque el criterio del observador no es fijo, no se considera la pendiente del terreno, o porque el estado se ha desviado la ruta debido a la presencia de un obstáculo (ramas, viento). Sin embargo, para mayor precisión de la estimación de la altura del árbol con el distanciómetro, se debe considerar la pendiente hacia abajo y arriba. Por



esta razón, es recomendable el uso de un trípode para lograr una mayor precisión en las lecturas.

Conclusiones

1. Los resultados del método convencional y del distanciómetro para medir la altura de árboles forestales fueron similares. 2. El distanciómetro muestra ventaja con respecto al tiempo empleado en la medición de la altura, además de reducir el número de personas para realizar el procedimiento.

Literatura citada

- Castillo, E. G., J. Jarillo R. and R. Escobar H. 2018. Diameter-height relationships in three species grown together in a commercial forest plantation in eastern tropical Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 24(1):33-48.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009. *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Tlapacoyan, Veracruz de Ignacio de la Llave*. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30183.pdf [consultado el 29 de junio de 2018].
- Leica Disto™, s.f. Leica Disto D210. http://www.disto.es/D210/disto_d210.php [consultado el 1 de julio de 2018].
- López, M. A. 2005. Un procedimiento alternativo al tradicional para la medición de alturas con clinómetro. *Madera y Bosques* 11(2):69-77.
- Martínez, R. R., H. S. Azpíroz R., J. L. Rodríguez O., V. M. Cetina A. y M. A. Gutiérrez E. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus. *Ra Ximhai* 2(3):815-846.
- White, A. and A. Martin. 2002. Who owns the world's forests? Forest tenure and public forests in transition. *Forest Trends*. Washington, USA. 30 p. https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/tenurereport_whoowns.pdf [consultado el 29 de junio de 2018].





INOCULACIÓN CON CONSORCIOS BACTERIANOS EN ESPECIES FORESTALES DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO

Victoria Hernández Hernández²¹¹ y Juan Gualberto Colli Mull^{211*}

Resumen

El bosque tropical caducifolio en el estado de Guanajuato ha disminuido su extensión al 20% de su cobertura original y, actualmente, existen pequeños manchones y relictos en el estado, por lo que se requiere propagar especies nativas para fortalecer los programas de reforestación en áreas perturbadas. En el presente trabajo, se evaluó la capacidad de promover la germinación y la promoción del crecimiento de dos especies forestales inoculadas con dos consorcios bacterianos (C1 y C2), obtenidos por la confrontación de 86 aislados provenientes del Área Natural Protegida (ANP) Las Palomas, del estado de Guanajuato. Los consorcios C1 y C2 fueron caracterizados bioquímicamente en su capacidad de producir compuestos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal, así como de síntesis de Ácido Indolacético (AIA) y Solubilización de fosfatos, de los cuales ambos consorcios obtuvieron resultados positivos para las dos pruebas en mayor o menor porcentaje. Para la evaluación de los consorcios sobre la germinación y el desarrollo de plántulas, los bioensayos se llevaron a cabo en semilleros a nivel de invernadero con las especies de *Lysiloma microphyllum* (Palo Prieto) y *Albizia occidentalis* (Palo Blanco), en un diseño comparativo de plantas con tratamiento con consorcio C1 y C2 y plantas control sin inoculo. Las semillas se observaron cada tercer día para evaluar el porcentaje de sobrevivencia y germinación en los tratamientos hasta los 18 días para la germinación y 10 meses para el crecimiento. Se determinaron las variables: germinación, tamaño del hipocótilo, del tallo y de la raíz, así como el peso seco de las plántulas, obteniendo resultados significativos en la prueba estadística con el programa Minitab. La tasa de germinación fue

²¹¹ Departamento de Biología, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, carretera Irapuato-Silao km 12.5, 36821 Irapuato, Guanajuato, México. *jcolli@itesi.edu.mx





de 95 y 98% para ambas especies de plantas con los consorcios C1 y C2; la longitud del hipocótilo y de la raíz fue mayor con el consorcio C2, a excepción de *A. occidentalis*, donde el tamaño de hipocótilo fue mayor con el consorcio C1. Para el tallo, la raíz y la longitud de la planta a los 10 meses, se observó un mayor crecimiento con el consorcio C1 en *A. occidentalis* en comparación con *L. microphyllum* y el tratamiento control.

Palabras claves: *Albizia occidentalis* (Palo blanco), Cerro del Veinte, *Lysiloma microphyllum* (Palo prieto)

Introducción

México es un país megadiverso, constituido por diferentes tipos de vegetación y uno de ellos es el bosque tropical caducifolio (BTC) o selva baja caducifolia (Rzedowski, 2006). En el estado de Guanajuato el BTC se distribuye hacia el sur en la provincia biogeográfica que corresponde al Eje Neo-volcánico, generalmente en laderas y barrancas. Sin embargo, este bosque ha decrecido su extensión durante los últimos 20 años, debido a la explotación forestal, la minería y la agricultura, por lo que en la actualidad se reporta menos del 10% del área total del estado y solo existen fragmentos en localidades aisladas o se ha convertido en vegetación secundaria, como es el caso de matorral subtropical (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1987; Baldi, 2006).

Una familia taxonómica representativa en el BTC es la fabaceae, con los géneros *Albizia*, *Acacia*, *Erythrina*, *Eysenhardtia*, *Lysiloma* y *Senna*, de los cuales sus semillas pueden permanecer en latencia durante meses y, para su propagación, se requiere algún tipo de tratamiento previo a la siembra, además de que no solo tienen un elevado porcentaje de germinación, sino este proceso es rápido y uniforme después de la siembra (Doran *et al.*, 1983).

Por su parte, en los suelos existe una multitud de microorganismos benéficos o patógenos que interactúan en la raíz de las plantas. Entre los microorganismos benéficos se encuentran las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), las cuales favorecen el crecimiento de la planta mediante diversos mecanismos, tales como estimular la síntesis de sustancias





reguladoras del crecimiento vegetal, fijar nitrógeno, solubilizar los nutrientes, producir sideróforos y controlar los fitopatógenos del suelo, razón por la cual, las BPCV en la agricultura se postulan como alternativas prometedoras para reducir el uso de agroquímicos (Riveros, 2010; Sarabia-Ochoa *et al.*, 2010).

En este sentido, los consorcios microbianos son la asociación natural de dos o más poblaciones microbianas, de diferentes especies, que actúan conjuntamente como una comunidad en un sistema complejo, donde todos se benefician de las actividades de los demás.

En cuanto a las plantaciones forestales con especies nativas, estas pueden desempeñar un papel importante en la recuperación de la estructura, riqueza y diversidad florística de los ecosistemas tropicales degradados. Así como, la recuperación del suelo, biomasa, humus, estructura, sobrevivencia y el reclutamiento de especies nativas que originalmente ocuparon estos espacios y, en especial, la diversidad generada por su regeneración natural. El BTC es una comunidad prioritaria en cuanto a su cuidado y restauración, pero tomando en cuenta el lento crecimiento de sus especies, es necesario establecer un método que permita la correcta germinación de las semillas de especies arbóreas, por lo que los objetivos de este estudio fueron generar consorcios bacterianos con base a sus características de promoción de crecimiento vegetal y compatibilidad, así como evaluar la germinación y sobrevivencia de *Albizia occidentalis* y *Lysiloma microphyllum* mediante la inoculación con los consorcios bacterianos.

Materiales y métodos

Se realizó la recolecta de vainas de *A. occidentalis* y *L. microphyllum* en el Cerro del Veinte, Cuchicuato, Irapuato, Guanajuato, localizado en las coordenadas 20° 39' 40" N y 101° 27' 42" O y a una altitud de 1,730 msnm; después los frutos se secaron a temperatura ambiente para obtener las semillas y se depositaron en frascos de plástico.

Los aislados bacterianos utilizados forman parte del Ceparío Regional de la carrera de Biología del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, procedentes del Área natural las Palomas, Sierra de Santa Rosa. Para la confrontación de los aislados, se inocularon 5 L de





cada uno en forma de botones formando una cruz (+) en medio de cultivo sólido LB (Luria Bertani). Se realizó una segunda confrontación en forma de asterisco (*) con los aislados seleccionados de la primera ronda de confrontación para obtener un consorcio final con tres aislados (Correa *et al.*, 2007).

Los aislados seleccionados por sus características de interacción, se crecieron en medio líquido LB por 24 h, posteriormente se inocularon matraces con 1 L de medio LB y se incubaron por 72 h a 120 rpm. Los cultivos se centrifugaron y las bacterias fueron resuspendidas en una solución salina a una densidad de 1×10^8 UFC por mL.

Las pruebas de síntesis de auxinas se determinaron por el método de Sarwar y Kremer (1995), utilizando L-Triptófano como precursor del IAA; los aislados se incubaron en oscuridad y agitación constante por 72 h. Posteriormente se determinó la presencia de IAA con una solución de Salkowsky.

Para la solubilización de fosfatos, se utilizó el medio de cultivo Pikovskaya (PVK) con modificación según Sundara y Sinha (1963). El medio PVK contiene fosfato tricálcico como única fuente de P, sustancia altamente insoluble, lo cual permitió la selección directa de los microorganismos con capacidad solubilizadora en base al crecimiento y a la formación de un halo alrededor de los mismos.

Las semillas se lavaron en un frasco de vidrio con hipoclorito al 15% durante 10 min, después se enjuagaron con agua estéril agitándolas para retirar todo el residuo solo una vez. Se pusieron a germinar 25 semillas en una caja Petri con cuatro repeticiones dando un total de 100 semillas para cada tratamiento, consorcios C1 y C2, al control solo se le agregó 3 mL de PBS y a los dos tratamientos se agregó 3 mL de cada consorcio C1 y C2 con una densidad de 1×10^8 UFC/mL. Para la germinación, se realizaron observaciones cada tercer día durante 15 días, cuando las plántulas tuvieron algunas hojas se pasaron a semilleros y suelo "lama" previamente esterilizado como sustrato. Para los bioensayos en invernadero, se tuvieron tres tratamientos, C1, C2 y control.

Se realizó un análisis de varianza con una vía (Anova) y Prueba de T-Student, para los caracteres como tamaño de las plantas, tamaño de la raíz, tamaño de tallo y peso fresco en las plántulas control, consorcio C1 y consorcio C2, con el programa Minitab 17.3 (Marín-Fernández, 2010).



Resultados y discusión

Ambas especies, *A. occidentalis* (Palo blanco) y *L. microphyllum* (Palo prieto), pertenecen a la familia Fabaceae y son un componente importante del bosque tropical caducifolio en la región de estudio. Los individuos de *A. occidentalis* son árboles de 10 a 12 m de altura y su época de floración es en abril, mientras que la fructificación de julio a agosto. Los de *L. microphyllum* son árboles de 3 a 10 m de altura, florecen de mayo a julio y fructifican de agosto a enero. Ambos taxones son caducifolios y permanecen sin follaje de noviembre a mayo.

La germinación de las semillas inicio el segundo día, hasta el 18 en las dos especies; sin embargo, *A. occidentalis* con un mayor porcentaje de germinación (95%) con el consorcio C2 en el día 17, el 80% de germinación con el consorcio C1 hasta el día 16; por el contrario, el control solamente con el 50% de germinación al día 18 (Figura 1A). En *L. microphyllum* el porcentaje de germinación fue del 98% con el consorcio C2 el día 12, con el consorcio C1 85% a los 14 días y en el control a los 18 días solo se obtuvo el 58% de germinación (Figura 1B). Asimismo, se observó que la germinación de las semillas fue más rápida en *L. microphyllum* con ambos consorcios que en *A. occidentalis*; sin embargo, en las dos especies la presencia del consorcio aumento el porcentaje de germinación comparado con el control.

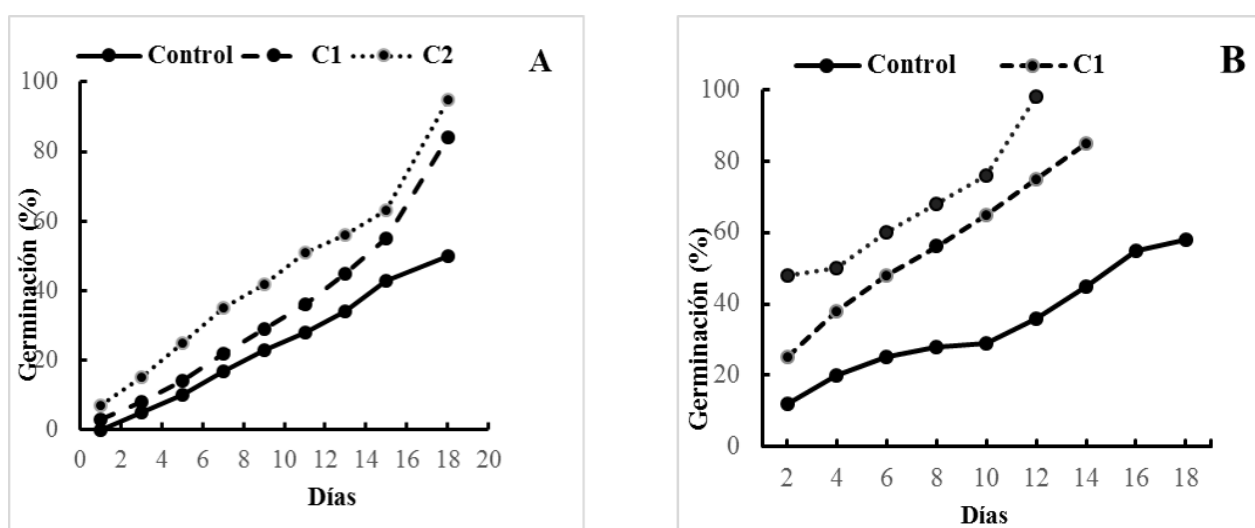


Figura 1. Porcentaje de germinación. A. *Albizia occidentalis*. B. *Lysiloma microphyllum*. C1= consorcio 1, C2= Consorcio 2.



Respecto a la promoción del crecimiento vegetal, la longitud de la raíz fue mayor con el consorcio C2 en las dos especies: para *A. occidentalis* el tamaño fue de 30 mm y el control con menor crecimiento (12.31 mm); en *L. microphyllum* con el consorcio C2 la longitud de la raíz fue de 28.78 mm y el control con solo 12.20 mm, con una $P = 0.01$, no hay diferencia significativa entre los taxones (Figura 2), pero sí respecto al control.

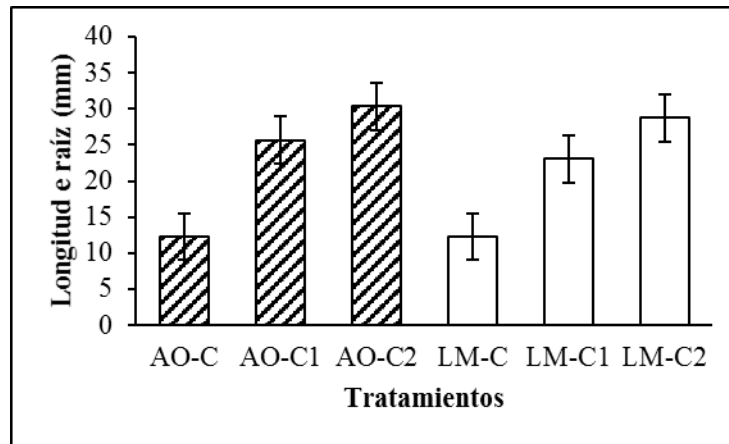


Figura 2. Comparación del tamaño de la raíz en ambas especies. AO = Albizia occidentalis, LM = Lysiloma microphyllum. C = control, C1 = Consorcio 1, C2 = Consorcio 2.

Para la longitud del hipocótilo, hubo diferencias en los taxones; en *A. occidentalis* la longitud fue mayor con el consorcio C1, con una longitud de 21.1 mm y el control con 11.88 mm; para *L. microphyllum* el crecimiento mayor fue en el consorcio C2, con 25.8 mm de longitud, comparado con el control de 10.5 mm y una $p = 0.04$ (Figura 3).

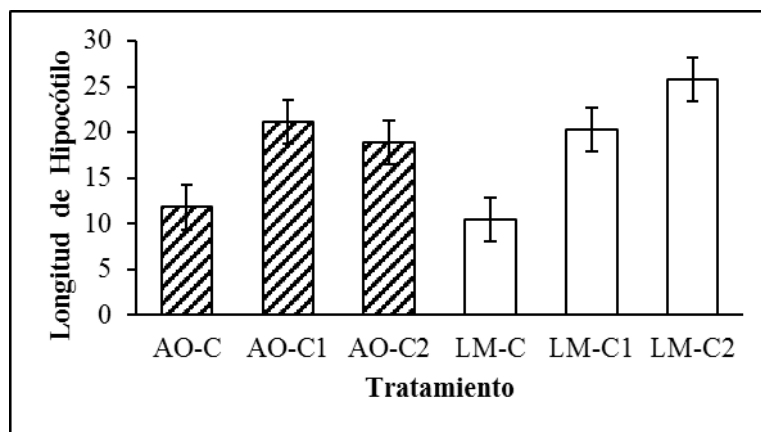


Figura 3. Tamaño de hipocótilo. AO =Albizia occidentalis, LM = Lysiloma microphyllum. C = control, C1= Consorcio 1, C2= Consorcio 2.de Lysiloma microphyllum.



Para el parámetro de tallo, en *A. occidentalis* a los 10 meses se obtuvo un mayor crecimiento, siendo el consorcio C1 con 11.6 cm el que presentó más promoción de crecimiento en la especie en comparación con *L. microphyllum*, en la que fue el consorcio C2 con 11.9 cm, donde se obtuvo crecimiento, pero en menor rango de diferencia con la aplicación de los consorcios (Figura 4).

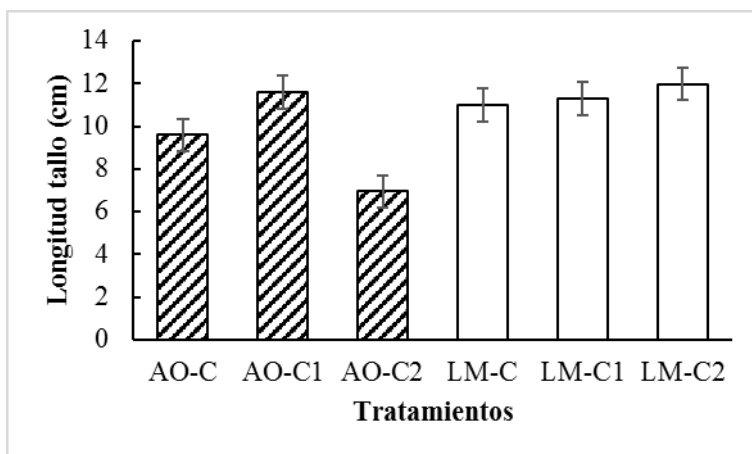


Figura. 4. Tamaño del tallo a los 10 meses. AO = *Albizia occidentalis*, LM = *Lysiloma microphyllum*. C = control, C1 = Consorcio 1, C2 = Consorcio 2.

En raíz, *A. occidentalis* a los 10 meses presentó una mayor diferencia significativa en el crecimiento, observándose que los tratamientos con el consorcio C1 fue el de mayor diferencia, para *L. microphyllum* se obtuvo mínimo crecimiento; sin embargo, no presentó diferencias significativas con los consorcios (Figura 5) respecto al control.

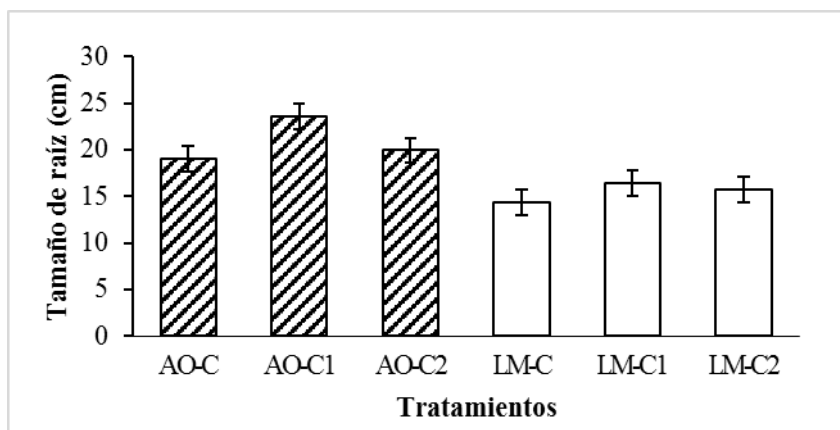


Figura 5. Longitud de la raíz de las especies. AO = *Albizia occidentalis*, LM = *Lysiloma microphyllum*. C = control, C1 = Consorcio 1, C2 = Consorcio 2.



Respecto a la longitud total de la planta, *A. occidentalis* presentó diferencias significativas con la aplicación de consorcio C1, en cambio *L. microphyllum* con el consorcio C2 fue el que presentó mayor crecimiento (Figura 6) respecto al control.

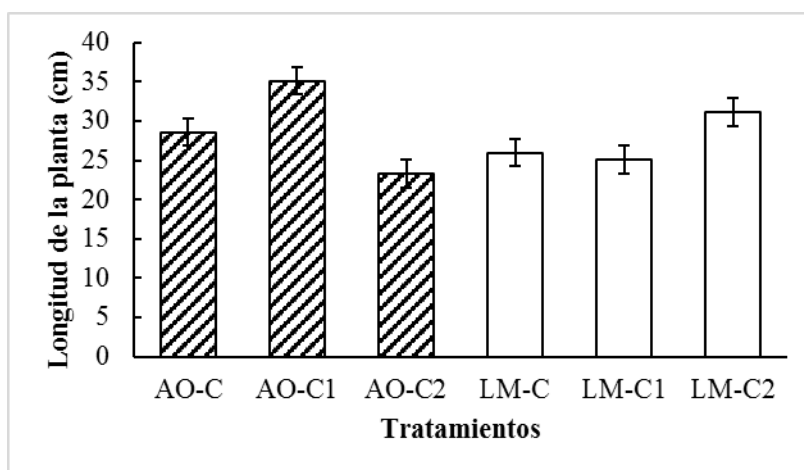


Figura 6. Tamaño total de la planta. AO = *Albizia occidentalis*, LM = *Lysiloma microphyllum*. C = control, C1= Consorcio 1, C2= Consorcio 2.

Se observaron diferencias significativas con los tratamientos en las plantas inoculadas y en las plantas control en cuanto a la germinación, tamaño de tallo, raíz y longitud total de la planta, teniendo un resultado positivo en los parámetros con aplicación de los consorcios C1 y C2, lo que hace suponer que la aplicación de un consorcio, al tener interacción de varias bacterias, ayuda a un mejor desarrollo de la planta, tal y como es mencionado por Avellaneda *et al.* (2012). Además, la familia Fabaceae presenta asociación con la bacteria *Rhizobium* y la formación de nódulos para la fijación de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas (Paredes, 2013); en el taxón *A. occidentalis* se observó la formación de nódulos en plantas con edad de 10 meses.

La promoción del crecimiento en las especies, se obtuvo con el empleo del consorcio C1 en su mayoría; sin embargo, la promoción no actuó de igual manera en las dos especies ya que en *A. occidentalis* se observó más favorable al empleo de los consorcios en comparación con *L. microphyllum*, donde su crecimiento fue mínimo, se comenta que esto podría ser causa por la adaptación e interacción de cada especie ante las bacterias, actividad enzimática del suelo, etc. (Avellaneda *et al.*, 2012).





Conclusiones

1. El porcentaje de germinación fue del 95-98% con el consorcio C2 para las dos especies de estudio, porcentaje mayor al reportado en especies de la familia fabaceae. 2. El consorcio C2 fue más eficiente también en el crecimiento de raíz e hipocótilo en *Lysiloma microphyllum*. 3. Se obtuvo una buena compatibilidad de los aislados para obtener los consorcios C1 y C2, por lo tanto, las bacterias promotoras de crecimiento tienen un gran aporte en la germinación y crecimiento de las estructuras en *L. microphyllum* y *A. occidentalis*, por lo que se pretende aplicar los consorcios en otras especies de la familia fabaceae del BTC.

Agradecimientos

A la Secretaría de Educación Pública-Programa de Mejoramiento del Profesorado (PRODEP), por el proyecto PROMEP/103.5/13/6684 para la generación del Cepario Regional.

Literatura citada

- Avellaneda T., L. M., L. M. Melgarejo M., C. E. Narváez C. y J. Sánchez N. 2012. Actividades Enzimáticas en Consorcios Bacterianos de Suelos Bajo Cultivo de Papa con Manejo Convencional y Bajo Pastizal. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín 65(1):6349-6360.
- Baldi, G., J. P. Guerschman y J. M. Paruelo. 2006. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. Agriculture Ecosystems and Environment 116:197-208.
- Correa, S., M. Mello, Z. Ávila, L. Minare, R. Pádua y D. Gomes. 2007. Cepas de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Sclerotium rolfsii*. Fitosanidad 3-9.
- Doran, J. C., D. J. Boland, J. W. y B. V. Turnbull. 1983. Manual sobre semillas de la familia fabaceae de zonas secas. Depósito de documentos de la FAO.





- Marín-Fernández, J. 2010. Manual de prácticas con Minitab15. Departamento de estadística operativa, Universidad de Murcia. España.
- Paredes, M. C. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica. Argentina.
- Riveros A. A., S. 2010. Inducción de Resistencia en plantas interacción: planta-patógeno. Universidad del Tolima Ibagué. Colombia. 149 p
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1987. El bosque tropical caducifolio en la región mexicana del Bajío. *Trace* 12:12-21.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 200-214 p.
- Sarabia-Ochoa M., R. Madriga P., M. Martínez-Trujillo y Y. Carreón A. 2010. Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias* 12(1):65–71.
- Sarwar, M. and R. J. Kremer. (1995). Determination of bacterially derived auxins using a microplate method. *Letters in Applied Microbiology* 20(5):282-285.
- Sundara R. and M. Sinha. 1963. Organisms phosphate solubilizers in soil. *Indian J. Agriculture. Science* 33:272-278.





POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA PARA BIOENERGÉTICOS EN PLANTACIONES DEL BAMBÚ *Guadua aculeata* Rupr.

Juan Carlos Tamarit Urías^{212*}, Casimiro Ordoñez Prado²¹², Melchor Rodríguez Acosta²¹³, Patricia Aguilar Sánchez²¹² y Pedro Hernández Zaragoza²¹⁴

Resumen

El bambú *Guadua aculeata* (tarro) es nativo de México, sus culmos alcanzan de 20 a 25 cm de diámetro normal y hasta 25 m de altura total, tiene potencial para cultivarse en plantaciones forestales comerciales (PFC). A nivel internacional, en la última década se tiene la necesidad creciente de estimar las existencias de biomasa de cultivos forestales y determinar la cantidad que puede destinarse como fuente de bioenergía. El objetivo fue determinar el potencial de producción de biomasa aérea base seca de culmos maduros de esta especie como materia prima para producir bioenergéticos. Se colectó una muestra de 17 culmos maduros en rodales naturales del bambú *G. aculeata* en el predio “Las Margaritas” del municipio de Hueytamalco, Puebla, México. Cada culmo completo seleccionado fue cortado y sus componentes: culmo, ramas y follaje se separaron y pesaron (peso verde). Se obtuvieron muestras de cada componente y fueron llevadas a laboratorio para ser secadas en una estufa hasta su condición anhidra (peso seco). Se generaron modelos alométricos lineales como un sistema de ecuaciones aditivas para estimar la biomasa total y por componente. Se determinó que en promedio un culmo completo tiene un contenido de biomasa base seca de 43.97 kg, el cual se distribuye en el 87.8, 6.4 y 5.8% para fuste, ramas y follaje, respectivamente. Para una PFC con esta especie, con una densidad inicial de 278 plantas/ha y bajo un escenario de producción promedio sostenida de 1,668 culmos maduros/ha/año, se estimó una producción de biomasa base seca a partir del octavo año de 73.34 t/ha/año. Este alto rendimiento sugiere que esta especie tiene alto potencial como una opción de cultivo bioenergético alternativo para biocombustibles. Las ecuaciones aditivas del

²¹² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito. *tamarit.juan@inifap.gob.mx

²¹³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco.

²¹⁴ Consultor y asesor forestal independiente. Puebla, México.





sistema generado para estimar biomasa a nivel de culmo individual son de tipo lineal y dependen del diámetro normal.

Palabras clave: biocombustibles, cultivo bioenergético, modelo de biomasa, producción de culmos, rendimiento base seca

Introducción

En la última década ha resurgido a nivel internacional el creciente interés por investigar la cuantificación de biomasa de especies forestales, esto debido a la necesidad para estimar las existencias de carbono en los bosques y para determinar la cantidad de biomasa potencial que puede destinarse como fuente de bioenergía (Moore, 2010). En particular, diferentes especies de bambú se han convertido en un recurso de biomasa de importancia mundial; debido a que el bambú tiene una rápida tasa de crecimiento y un alto rendimiento anual de biomasa, además de que es un recurso natural renovable, se ha identificado y caracterizado que tiene un alto potencial para ser un cultivo bioenergético, principalmente cuando otras materias primas, como los residuos agrícolas, son limitadas.

Aunque el bambú ha sido una fuente tradicional de energía, la valorización energética eléctrica de su biomasa a través por ejemplo de la gasificación es un tema pionero y reciente a nivel mundial; en este sentido Noppadon *et al.* (2010) y Jahnavi *et al.* (2017) refieren que la biomasa vegetal puede convertirse en energía, calor y combustibles líquidos o gaseosos sin grandes peligros para el medio ambiente, en particular el bambú tiene potencial para producir biocombustible de segunda generación tal como el bioetanol celulósico. Sun *et al.* (2011) citan que debido a la alta tasa de crecimiento y alto contenido de holocelulosa, de hasta el 70% de la base seca, el bambú es una materia prima potencial para producir biocombustibles como el etanol y el biogás, por lo que es una fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles ya que satisface objetivos energéticos y ambientales.

El uso de la biomasa con fines energéticos es de uso generalizado en países desarrollados; sin embargo, en México la experiencia sobre el rendimiento de la biomasa, así como las opciones energéticas y alternativas de utilización son limitadas. En una plantación forestal





comercial (PFC) de bambú, factores como la especie, método de propagación, espaciamento, fertilización, técnicas de riego y cosecha llevan a grandes diferencias en el rendimiento de biomasa. Para estimar la biomasa aérea se han desarrollado varios enfoques tal como factores de expansión de biomasa y ecuaciones alométricas que predicen la biomasa total a partir de variables fáciles de medir, como el diámetro normal y la altura total, las cuales normalmente son generadas por especie y para una región o sitio particular. En México, Castañeda *et al.*, (2005) utilizando ecuaciones alométricas determinaron la biomasa aérea total y su distribución por componentes de *Bambusa oldhamii*. En este contexto, es esencial una caracterización de la biomasa como materia prima para una exitosa valorización energética, en donde es relevante que se estime la producción y rendimiento de la biomasa del bambú por hectárea por año. El objetivo del presente trabajo fue determinar el potencial de producción de biomasa aérea base seca de culmos maduros del bambú *Guadua aculeata* Rupr. como materia prima para producir bioenergéticos en PFC establecidas en Puebla, México.

Materiales y métodos

El material se colectó en el predio “Las Margaritas” del municipio de Hueytamalco, Puebla, México, a una altitud promedio de 430 m, localizado entre las coordenadas geográficas 19° 52' y 20° 12' de latitud norte y, 97° 12' y 97° 23' de longitud oeste. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La zona es de transición con reducidas áreas de selva alta perennifolia, vegetación secundaria arbustiva y bosque mesófilo de montaña (Zaragoza *et al.*, 2014). La muestra que se trabajó fue colectada mediante muestreo destructivo y consistió en 17 culmos maduros en rodales naturales del bambú *G. aculeata*.

Para estimar la biomasa se siguió un procedimiento similar al utilizado por Jyoti *et al.* (2009), Darabant *et al.* (2014), Long *et al.* (2016) y Singnar *et al.* (2017). A cada culmo seleccionado se le midió el diámetro normal (Dn en cm), luego fue cortado y se midió la altura total (At en m); después se separaron sus componentes en culmo (C), ramas (R) con espinas y follaje (F), registrándose el peso de la biomasa (B) verde en kg. Posteriormente, de cada componente se obtuvieron muestras que fueron etiquetadas y también se les registró su





peso verde en kg, fueron llevadas en bolsas de papel a laboratorio y se secaron en una estufa a 75 °C hasta obtenerse pesos constantes, indicativo de haberse alcanzado la condición anhidra, a las muestras le fueron registrados los correspondientes pesos de la biomasa seca en kilogramos.

Con los pesos referidos de las muestras por componente, se obtuvo la relación peso seco/peso verde de cada muestra que se utilizó para obtener los respectivos pesos de la biomasa base seca en kg para cada componente de cada culmo (Mate *et al.*, 2014). El peso base seca total aéreo en kg de cada culmo se obtuvo sumando el peso seco de los componentes, generándose de esta forma datos de biomasa base seca por componente (BC, BR y BF) y total (BT), con estos registros junto con los de diámetro normal y altura total, se conformó una base de datos que fue depurada y utilizada para estimar los porcentajes de biomasa por componente del culmo, así como para generar modelos alométricos para estimar la biomasa total y por componente en forma de ecuaciones aditivas de acuerdo con Parresol (2001), Balboa *et al.* (2004) y Dong *et al.* (2014).

La biomasa base seca total y por componente se modeló evaluando el ajuste estadístico por regresión de diferentes modelos alométricos de tipo lineal y no lineal que incluyeron como variables independientes y en diferentes combinaciones al Dn y a la At. El ajuste estadístico de los modelos expresados como ecuaciones aditivas por componente y total se realizó en forma simultánea y compatible mediante la técnica de ecuaciones aparentemente no relacionadas con el procedimiento Model del paquete estadístico SAS/ETS® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2011) versión 9.3, esto permitió obtener estimadores consistentes en los componentes de biomasa. Se analizaron los estadísticos de ajuste raíz del cuadrado medio del error (RCME) y el coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2_{adj}), además de la significancia de los parámetros. Finalmente, se estimó el rendimiento de biomasa aérea base seca total expresado en toneladas por hectárea por año para una PFC con esta especie considerando una densidad de 278 plantas/ha.





Resultados y discusión

Los estadísticos básicos de las variables analizadas se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estadísticos básicos descriptivos de las variables dasométricas y de biomasa analizadas.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	D.E. ¹	C.V. ²	Varianza
Dn	9.00	13.80	12.06	1.40	11.64	1.97
At	17.49	25.53	21.59	2.65	12.29	7.04
BT	25.76	64.39	43.97	12.07	27.46	145.79
BC	22.81	54.89	38.45	10.05	26.14	101.03
BR	1.10	4.25	2.79	0.86	30.68	0.73
BF	0.53	5.96	2.73	1.61	59.03	2.60

¹Desviación estándar, ²Coefficiente de variación.

Se determinó que en promedio un culmo completo tiene un contenido de biomasa base seca de 43.97 kg, el cual se distribuye en el 87.8, 6.4 y 5.8% para culmo, ramas y follaje, respectivamente. La distribución de la biomasa seca por componente es similar a la determinada por Fonseca y Rojas (2016) para bosques artificiales mixtos compuestos por *G. angustifolia* y *G. aculeata* establecidos en las provincias de Guanacaste y Alajuela de Costa Rica, la cual fue del 83.9, 8.2 y 7.8% para culmos maduros, ramas y follaje, respectivamente. Sin embargo, difiere de la reportada por Castañeda *et al.* (2005) para *Bambusa oldhamii* en la región de Huatusco, Veracruz, México, la cual para culmos maduros de cuatro años de edad fue de 76, 8.1 y 15.9% para culmos, ramas y follaje, respectivamente. Agregan que por la naturaleza del crecimiento del bambú que estudiaron, la proporción de biomasa en ramas y follaje tiende a aumentar con la edad del culmo. Por su parte, Yen y Lee (2011) reportan una distribución de biomasa por componente del 82.5, 12.8 y 4.7% para culmos maduros de cuatro años, ramas y follaje de *Phyllostachys heterocycla* creciendo en plantaciones establecidas en la parte baja de la zona montañosa del centro de Taiwán. Hong *et al.* (2011) reporta para *Phyllostachys praecox* plantado en Linan al este de China una contribución de biomasa del 78.8, 5.3 y 15.9%, para los componentes en el orden referido, respectivamente. Jyoti *et al.* (2009) reportan una distribución de biomasa para *Bambusa cacharensis* creciendo en la región del Valle de Barak, al noreste de la India de 83.4, 11.9 y 4.7% para los





componentes y orden antes referidos, respectivamente. Estos resultados ratifican que los culmos son los componentes principales de la biomasa aérea de diferentes especies de bambú que se cultivan en el mundo.

Con base en el peso total de la biomasa base seca por culmo completo, se determinó para una PFC con esta especie establecida en la misma área de colecta, bajo una densidad inicial de 278 plantas/ha y un escenario de producción promedio sostenida de 1,668 culmos maduros/ha/año (6 culmos maduros por planta o “macollo” al año), una producción de biomasa a partir del octavo año de 73.34 ton/ha/año. Esta estimación es conservadora ya que considera solo culmos maduros de cuatro años de edad, asumiendo que la PFC se encuentra en plena producción de culmos para bioenergéticos; es decir, la producción de biomasa sería mucho mayor de considerarse la totalidad de culmos de todas las edades, así como los brotes jóvenes en pleno desarrollo.

Pese a la condición en la estimación indicada, se considera que el rendimiento estimado es alto comparado con los reportados por Jyoti *et al.* (2009) de 23.7 t/ha para *Fargesia spathacea*, de 47.2 t/ha para *Dendrocalamus strictus*, de 45 t/ha para *Gigantochloa ater* y *Gigantochloa verticillata* y, de 25.5 t/ha para *Dendrocalamopsis oldhami*, especies de bambú para las cuales la estimación de biomasa incluyó los culmos de todas las edades. Las diferencias pueden en parte atribuirse a la naturaleza de crecimiento de cada especie, principalmente a los tamaños que alcanzan los culmos, sobre todo los diámetros y alturas, además de la tasa de emisión de brotes. La optimización del uso de recursos (nutrimentos, luz, humedad y espacio) de la especie, la densidad de plantación (espaciamiento), la fertilidad del suelo, la productividad del sitio, el manejo técnico-silvícola, tipo de cosecha del bambusal, entre otros, son factores que también pueden influir en la producción de biomasa. El rendimiento de biomasa aérea es similar al estimado por Fonseca y Rojas (2016) de 73.8 t/ha en plantaciones mixtas de *G. angustifolia* y *G. aculeata*, aunque en su estudio incluyeron culmos de todas las edades, además de culmos muertos aún en pie. Es menor al estimado por Castañeda *et al.* (2005) de 103.8 t/ha para para *Bambusa oldhamii* que también incluyeron todas las cohortes. Es probable que el rendimiento de la biomasa base seca de la especie aquí estudiada sea similar e incluso superior a la reportada por Jyoti *et al.* (2009) para *Chusquea culeou* de 172 t/ha y para *Bambusa bambos* de 286 t/ha; también al reportado por Yen y Lee (2011) de 88.7 para *Phyllostachys heterocycla*, al determinado por





Chen *et al.* (2009) de 159.8 para *Phyllostachys pubescens*. El bambú alcanza la máxima biomasa en períodos muy cortos (Chen *et al.*, 2009; Jyoti *et al.*, 2015) y puede compararse favorablemente con diferentes tipos de bosques conformados por especies forestales; Darabant *et al.* (2014) reporta que el rendimiento máximo de biomasa aérea total de especies de bambú utilizadas en PFC puede llegar a ser de hasta 307 t/ha.

El alto rendimiento de biomasa proveniente de culmos maduros de la PFC sugiere la obtención de potenciales beneficios económicos para los productores de esta materia prima como fuente bioenergética. Sin embargo, como señalan Darabant *et al.* (2014), He *et al.* (2014) y Wi *et al.* (2017), es necesaria la realización de estudios adicionales para caracterizar a detalle la valorización energética de esta materia prima y determinar sus propiedades, principalmente sobre análisis de química elemental, química principal, análisis proximal, entre otros específicos y detallados tales como rendimientos de holocelulosa y de diferentes azúcares monosacáridos como glucosa, xilosa, arabinosa, galactosa y manosa, técnicas y procesos termo y bioquímicos, pretratamientos, procesos de sacarificación, solubilización, hidrólisis de holocelulosa, recuperación de azúcares, remoción de compuestos, fermentación, etc. Esto contribuirá en la definición de su potencial real para utilizarlo en la generación de biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos tales como el etanol y bioetanol celulósico, biogas u otros co-productos con valor agregado como biochar, ácidos orgánicos, solventes, fenoles, componentes aromáticos; al grado que pueda ser una fuente alternativa viable a la de los combustibles fósiles.

Las ecuaciones aditivas que componen al sistema generado para estimar la biomasa aérea base seca en kg por componente del culmo y total fueron de tipo lineal, todas quedaron expresadas en función únicamente del diámetro normal (Dn) como variable predictora, lo anterior debido a que cuando se incluyó la altura total (At) en combinación con el Dn en diferentes modelos lineales y no lineales ensayados, así como logarítmicos, los ajustes fueron no significativos en los parámetros y se presentaron problemas de convergencia, razón por la que fueron desestimados. La falta de ajuste de acuerdo con Fonseca y Rojas (2016) puede atribuirse a la naturaleza y comportamiento biológico del crecimiento de la especie, por lo que las relaciones alométricas están poco definidas entre los componentes del culmo.





El sistema de ecuaciones desarrollado cumple con la propiedad de aditividad, característica que de acuerdo con Parresol (2001) y Balboa *et al.* (2004) es deseable en todo sistema para predecir la biomasa total y por componente, lo que implica para este caso que la suma de las estimaciones de la biomasa de todos los componentes o fracciones es igual a la estimación de la biomasa del culmo completo. Adicionalmente, el método de ajuste usado permitió corregir el problema de dependencia entre los errores inherentes a las estimaciones de cada componente. Los valores de los parámetros y estadísticos de ajuste simultáneo y compatible del sistema seleccionado se presentan en el Cuadro 2. La estructura matemática del sistema de ecuaciones aditivas generado se presenta enseguida.

$$BC = \alpha_0 + \alpha_1 Dn$$

$$BR = \alpha_2 Dn$$

$$BF = \alpha_3 Dn$$

$$BT = \alpha_0 + \alpha_1 Dn + \alpha_2 Dn + \alpha_3 Dn$$

Donde: BC es la biomasa base seca del culmo, BR es la biomasa base seca de ramas, BF es la biomasa base seca del follaje, BT es la biomasa aérea base seca total (BC+BR+BF), Dn es el diámetro normal, α_i son los parámetros que fueron estimados por regresión estadística. La biomasa se estima en kilogramos.

Cuadro 2. Parámetros y estadísticos de ajuste del sistema de ecuaciones aditivas para estimar la biomasa por componente y total de culmos maduros de *G. aculeata*.

Componente	RCME	R ² _{adj}	Parámetro	Estimación	EEa	Valor de t	Pr> t
BC	4.9929	0.75	α_0	-27.3515	8.3998	-3.26	0.0053
BR	0.6788	0.37	α_1	5.466726	0.6947	7.87	<.0001
BF	1.3990	0.25	α_2	0.233435	0.0136	17.21	<.0001
BT	6.6607	0.70	α_3	0.233441	0.0280	8.35	<.0001

RCME: raíz del cuadrado medio del error, R²_{adj}: coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros, EE: error estándar aproximado.

Conclusiones

1. La biomasa aérea base seca total de culmos maduros del bambú *G. aculeata* fue en promedio de 43.97 kg, la cual se distribuye en 87.8, 6.4 y 5.8% para fuste, ramas y follaje,





respectivamente. 2. El rendimiento de biomasa base seca determinado para plantaciones con esta especie, se estimó en 73.34 t/ha/año. Esta alta producción sugiere que este bambú tiene alto potencial como una opción de cultivo bioenergético alternativo para biocombustibles. 3. Las ecuaciones que componen el sistema que se generó para estimar la biomasa aérea base seca total y por componente de culmos maduros fueron de tipo lineal, con el diámetro normal como única variable predictora, cumplen la propiedad de aditividad en donde la suma de los componentes de biomasa es exactamente igual a la biomasa total.

Literatura citada

- Balboa, M. M. A., J. G. Álvarez G., A. Merino G. y M. Barrio A. 2004. Revisión y discusión metodológica para la determinación de la biomasa forestal. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 18:35-39.
- Castañeda, M. A., J. Vargas H., A. Gómez G., J. I. Valdez H. y H. Vaquera H. 2005. Acumulación de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Bambusa oldhamii*. Agrociencia 39:107-116.
- Chen, X., X. Zhang, Y. Zhang, T. Booth and X. He. 2009. Changes of carbon stocks in bamboo stands in China during 100 years. Forest Ecology and Management 258:1489-1496.
- Dong, L., L. Zhang and F. Li. 2014. A compatible system of biomass equations for three conifer species in Northeast, China. Forest Ecology and Management 329:306-317.
- Darabant, A., M. Haruthaithanasan, W. Atkla, T. Phudphong, E. Thanavat and K. Haruthaithanasan. 2014. Bamboo biomass yield and feedstock characteristics of energy plantations in Thailand. Energy Procedia 2014:134-141.
- Fonseca, G. W. y M. Rojas V. 2016. Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. Ambiente y Desarrollo 20(38):85-98.
- He, M. X., J. L. Wang, H. Qin, Z. X. Shui, Q. L. Zhu, B. Wu *et al.* 2014. Bamboo: A new source of carbohydrate for biorefinery. Carbohydrate Polymers 111:645-654.





- Hong, Ch., J. Fang, A. Jin, J. Cai, H. Guo, J. Ren *et al.* 2011. Comparative growth, biomass production and fuel properties among different perennial plants, bamboo and miscanthus. *Botanical Review* 77:197-207.
- Jahnavi, G., G. P. Sai, K. Sravanthi and L. R. Venkateswar. 2017. Status of availability of lignocellulosic feed stocks in India: Biotechnological strategies involved in the production of bioethanol. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 73:798-820.
- Jyoti, N. A., G. Das and A. D. Kumar. 2009. Above ground standing biomass and carbon storage in village bamboos in North East India. *Biomass and Bioenergy* 33:1188-1196.
- Jyoti, N. A., R. Lal and A. D. Kumar. 2015. Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation* 3:654-663.
- Long, E. L., J. L. Yu and M. Y. Tian. 2016. Using allometric models to predict the aboveground biomass of thorny bamboo (*Bambusa stenostachya*) and estimate its carbon storage. *Taiwan Journal of Forest Science* 31(1):37-47.
- Noppadon, S. B., Z. Zhiguang, J. H. Tsung, D. B. Ming and H. P. Z. Yi. 2010. Bamboo saccharification through cellulose solvent-based biomass pretreatment followed by enzymatic hydrolysis at ultra-low cellulase loadings. *Bioresource Technology* 101:4926-4929.
- Mate, R., T. Johansson and A. Siteo. 2014. Biomass equations for tropical forest tree species in Mozambique. *Forests* 5:535-556.
- Moore, R. J. 2010. Allometric equations to predict the total above-ground biomass of radiata pine trees. *Annals of Forest Sciences* 67(8):806-806.
- Parresol, B. R. 2001. Additivity of nonlinear biomass equations. *Canadian Journal Forest Research* 31:865-878.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® user's guide. Version 9.3. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Singnar, P., M. D. Chandra, G. W. Sileshi, B. Brahma, A. N. Jyoti and A. D. Kumar. 2017. Allometric scaling, biomass accumulation and carbon stocks in different aged stands of thin-walled bamboos *Schizostachyum dullooa*, *Pseudostachyum polymorphum* and *Melocanna baccifera*. *Forest Ecology and Management* 395:81-91.
- Sun, Z. Y., Y. Q. Tang, T. Iwanaga, T. Sho and K. Kida. 2011. Production of fuel ethanol from bamboo by concentrated sulfuric acid hydrolysis followed by continuous ethanol fermentation. *Bioresource Technology* 102:10929-10935.





- Wi, S. G., D. S. Lee, Q. A. Nguyen and H. J. Bae. 2017. Evaluation of biomass quality in short-rotation bamboo (*Phyllostachys pubescens*) for bioenergy products. *Biotechnology for Biofuels* 10:127
- Yen, T. M. and J. S. Lee. 2011. Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunninghamia lanceolata*) forests based on the allometric model. *Forest Ecology and Management* 261:995-1002.
- Zaragoza, H. I., A. Borja De la R., F. J. Zamudio S., V. R. Ordóñez C. y G. M. Bárcenas P. 2014. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. *Madera y Bosques* 20(3):87-96.





ANÁLISIS QUÍMICO ELEMENTAL DEL BAMBÚ *Guadua aculeata* Rupr. EN ETAPA DE MADUREZ EN PUEBLA, MÉXICO

Casimiro Ordóñez Prado^{215*}, Patricia Aguilar Sánchez²¹⁵, Juan Carlos Tamarit Urias²¹⁵ y Ricardo Musule Lagunes²¹⁶

Resumen

El bambú es una fuente de biomasa prometedora para la generación de diversos bioproductos; sin embargo, es poca la información que se ha generado para las diversas especies que existen a nivel mundial. Para México no es la excepción, aunque cuenta con 36 especies nativas, el aprovechamiento de estas ha sido escaso. Por esta razón es importante determinar la caracterización de esta biomasa, con la finalidad de brindar más información sobre su naturaleza biológica y con esto determinar la viabilidad de los productos a obtener. El objetivo en este trabajo fue analizar las características químicas elementales de la biomasa del bambú *Guadua aculeata* en etapa de madurez, proveniente de la región de Hueytamalco, Puebla, México. Los resultados de composición elemental mostraron un contenido de carbono promedio del 48.26% para la biomasa del culmo y del 44.42% para follaje, el contenido de oxígeno fue de 45.39% y 44.38% para culmos y follaje, respectivamente. El hidrógeno se presentó con el 5.95% para culmos y 5.7% para follaje. La biomasa del follaje contiene cinco veces más nitrógeno que la biomasa del culmo, los demás elementos tuvieron valores por debajo del 1%.

Palabras clave: carbono, oxígeno, nitrógeno, biomasa

Introducción

La biomasa de bambú ha sido poco aprovechada por los silvicultores que tienden a focalizarse en los árboles maderables, sin saber que esta materia prima tiene múltiples usos

²¹⁵ Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC) del INIFAP. km 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Puebla. C.P. 74100. *ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

²¹⁶ Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia.





(Scurlock *et al.*, 2000). A nivel mundial, Asia ocupa el primer lugar en abundancia de especies de bambú, siendo China e India los mayores productores de este cultivo. Dentro de los países americanos, Brasil tiene la mayor cantidad de especies con alrededor de 140, seguido de Venezuela con 68 especies y Colombia con 72, México se encuentra en el sexto lugar con 39 especies (Zaragoza-Hernández *et al.*, 2014).

El bambú pertenece a la familia botánica de las gramíneas; sin embargo, los bambúes suelen ser plantas grandes y robustas. Lo característico del bambú en comparación con otras gramíneas es que son perennes, los rizomas están bien desarrollados, los culmos o tallos están lignificados y por lo tanto son fuertes, las hojas presentan un pseudopécíolo y el período de floración puede tomar varios años (Cortés, 2000). Otras ventajas que presentan estas especies es que son de rápido crecimiento y gran versatilidad; es ampliamente usado, tradicionalmente como alimento, muebles, palillos, construcciones, artesanías, papel, instrumentos musicales, en el control de erosiones, protección al suelo y por sus propiedades es favorable para aditivos alimenticios, bioquímica y bioenergía (Zaragoza-Hernández *et al.*, 2015; van Dam *et al.*, 2018).

Dentro de las especies de bambú en México, se reportan ocho géneros y 36 especies nativas, de las cuales 30 son consideradas endémicas; es decir, son aquellas que crecen únicamente en el territorio nacional. Cinco especies del género *Guadua* que habitan en México son consideradas de las más grandes y frondosas de los bambúes mexicanos; particularmente, *G. aculeata* (tarro, caña brava) llega a medir 25 m de alto y a tener un diámetro normal de 25 cm (Cortés, 2000; Cedeño e Irigoyen, 2011).

El bambú al igual que la madera y algunos residuos agrícolas, se componen principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina. El bambú tiene en promedio una composición química del 40 al 45% de celulosa, del 21 al 25% de lignina y del 25 al 30% de hemicelulosa, 2% cenizas y en menor proporción nitrógeno con 1%; sin embargo, esto dependerá de la edad y de la especie de bambú (Fei *et al.*, 2016; Trujillo y López, 2016; van Dam *et al.*, 2018).

Es necesario seguir contribuyendo con más trabajo de investigación básica para conocer la composición química de las especies que habitan en México (Ordóñez-Candelaria y Bárcenas -Pazos, 2014). El objetivo de este trabajo fue contribuir al conocimiento de la composición química, particularmente de los elementos de carbono, hidrógeno, oxígeno,





nitrógeno y azufre que constituyen a la *G. aculeata* que crece en forma natural en Puebla, México.

Materiales y métodos

Se colectaron cinco culmos maduros de *G. aculeata* en la región de Hueytamalco, Puebla, México. Se obtuvieron muestras de biomasa separadas del culmo o tallo y del follaje (F). La biomasa de culmos se separó en tres secciones que correspondieron la base del culmo (B), la parte media (M) y la parte alta (A). Para determinar la composición elemental la biomasa se etiquetó y se transportó al Laboratorio de Productos Forestales y Tecnología de la Madera del Campo Experimental San Martinito del INIFAP localizado en Tlahuapan, Puebla.

Las muestras de biomasa se prepararon reduciendo el tamaño de partícula con base en la norma TAPPI T 257, para ello se usó un molino tipo Thomas Wiley, posteriormente el material molido se tamizó con mallas No. 40 y 60, para los análisis se utilizó el material obtenido en la malla 60. Las muestras tamizadas se colocaron en bolsas y se etiquetaron para su identificación, posteriormente se almacenaron para el análisis químico elemental.

El análisis elemental se realizó en un equipo AE 2400 series II CHONS Perkin Elmer, siguiendo la metodología recomendada por el proveedor. Se analizaron 2 ± 0.03 mg de cada biomasa, con cinco repeticiones para cada variable analizada, utilizando como gas acarreador He (UAP) y una temperatura de oxidación de 975 °C. El contenido de oxígeno se estimó por diferencia (100% - carbono (C) - hidrogeno (H) - azufre (S)). Para la calibración del equipo se utilizó cistina. Utilizando el software estadístico SAS 9.3® se realizó un análisis de varianza mediante el modelo lineal generalizado (GML), así como una comparación de medias por Duncan.

Resultados y discusión

El análisis elemental (Cuadro 1) mostró que la biomasa del culmo contiene mayor contenido de carbono que el follaje, el cual va del 47.87% al 48.50%, en tanto que en el follaje fue del 44.42%, esto puede explicarse por el grado de lignificación de cada biomasa; otra diferencia





importante fue el contenido de nitrógeno, el cual fue cinco veces mayor en el follaje que en el culmo. Los resultados de análisis elemental concuerdan con lo reportado por Fei *et al.* (2016), quienes para *Phyllostachys edulis* reportaron un contenido de carbono del 49.4%, dato que es similar con lo obtenido en este estudio. Sin embargo, para los otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre el autor reportó valores menores (4.60%, 45.82%, 0.18% y 0.04%, respectivamente).

Cuadro 1. Composición química elemental (CHONS) de la biomasa de bambú *G. aculeata*.

Elemento	Agrupamiento Duncan	(%)	Sección*
Carbono	a	48.50	M
	a	48.42	A
	a	47.87	B
	b	44.42	F
Hidrógeno	a	6.01	M
	a b	5.97	A
	a b	5.88	B
	b	5.70	F
Oxígeno	a	46.41	F
	a	45.28	B
	a	44.50	A
	a	44.38	M
Nitrógeno	a	2.66	F
	b	0.46	A
	b c	0.41	M
	c	0.30	B
Azufre	a	0.78	F
	a b	0.68	M
	b	0.64	B
	b	0.63	A

* B: base, M: media, A: alta, F: follaje. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Por otro lado, Scurlock (2000), para tres diferentes tipos de bambú originarios de China y Japón, obtuvieron del 50.85% al 52.28% para el carbono, valores superiores al contenido del carbono determinado para *G. aculeata* en el presente estudio, estas diferencias pueden deberse por la densidad del bambú. El contenido de hidrogeno se estimó del 4.51 al 5.40%,





el contenido de nitrógeno fue mayor en el follaje con 2.66%, mientras que para el tallo fue del 0.3% al 0.46%. El azufre representó entre un 0.03% a 0.05% y el oxígeno entre un 41.10% a 42.91%. Posom y Sirisomboon (2017), obtuvieron para un bambú procedente de Tailandia que la composición elemental fue del 46.27% de carbono, 43.23% de oxígeno, 6.23% de hidrógeno, 0.38% de contenido de nitrógeno, 0.05% de azufre, siendo estos valores similares a los obtenidos para *G. aculeata*.

El análisis de comparación de medias indicó que el contenido de carbono del culmo fue mayor que el contenido en el follaje ($\alpha \leq 0.05$). El contenido del hidrogeno en la base del culmo fue mayor que en la sección media, alta así como en el follaje; sin embargo, solo con este último de detectó diferencia estadística significativa. El contenido de oxigeno fue similar en las diferentes secciones del culmo analizadas, mientras que el nitrógeno fue mayor en el follaje existiendo diferencias significativas con respecto al contenido determinado en el culmo ($\alpha \leq 0.05$).

Conclusiones

1. La composición química de los elementos principales (CHONS) del bambú *G. aculeata* es similar a la composición de bambúes que crecen en otras latitudes y longitudes, por lo que este bambú puede ser una alternativa para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Así como una especie potencial para la mitigación de cambio climático por su rápido crecimiento y su alta tasa de almacenamiento de carbono. 2. El bambú se visualiza como una fuente prometedora para el uso de biocombustibles, principalmente para la obtención de combustibles sólidos. 3. El estudio puede complementarse determinando la composición química principal (lignina, celulosa y hemicelulosa), además del análisis proximal para ver su potencial en otras aplicaciones.





Literatura citada

- Cedeño, V. A. y Irigoyen C. J. 2011. El bambú en México. Revista de Arquitectura y Urbanismo. São Paulo, Universidade São Judas Tadeu, 6:223-243.
- Cortés R., G. R. 2000. Los bambúes nativos de México. CONABIO. Biodiversitas, p. 12-15.
- Fei, B., Gao, Z., Wang, J. and Liu Z. 2016. Secondary xylem biology origins, functions, and applications. Chapter 14. Biological, anatomical, and chemical characteristics of bamboo. p. 24.
- Posom, J., and Sirisomboon, P. 2017. Evaluation of lower heating value and elemental composition of bamboo using near infrared spectroscopy. Energy, 121:147-158.
- Scurlock, J. M. O., Dayton, D. C. and Hames, B. 2000. Bamboo: an overlooked biomass resource? Biomass and Bioenergy, 19(4):229-244.
- Trujillo, D. and López, L. F. 2016. Bamboo material characterisation. In Nonconventional and Vernacular Construction Materials. Elsevier. p. 365-392.
- van Dam, J. E. G., Elbersen, H. W. and Daza M., C. M. 2018. Bamboo production for industrial utilization. In: Perennial grasses for bioenergy and bioproducts. Elsevier. p. 175-216.
- Zaragoza-Hernández, I., Ordóñez-Candelaria, V. R., Bárcenas-Pazos, G. M., Borja-De la Rosa, A. M. and Zamudio-Sánchez, F. J. 2015. Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). Maderas. Ciencia y tecnología, 17(3):505-516.
- Zaragoza-Hernández, I., Borja-De la Rosa, A., Zamudio-Sánchez, F. J., Ordóñez-Candelaria, V. R. and Bárcenas-Pazos, G. M. 2014. Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. Madera y Bosques, 20(3):87-96.





LISTADO DE AVES EN SITIO EXPERIMENTAL LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE HUEYTAMALCO, PUEBLA, MÉXICO

Lorena Silverio Polo²¹⁷, Casimiro Ordóñez Prado^{218*} y Guillermo Ortega Vázquez²¹⁷

Resumen

Se realizó un listado de aves que habitan de forma permanente o temporal en el Sitio Experimental “Las Margaritas”, ubicado en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México. El estudio se realizó mediante conteo de puntos, donde el observador permanece fijo en el punto durante un periodo de 10 minutos y registra las aves observadas, estos puntos se levantaron a través de un transecto. También se realizó una búsqueda intensiva de aves utilizando redes de niebla y trampas cámara. Se registraron 117 especies de aves, las cuales pertenecen a 19 órdenes y 39 familias. Del total de especies registradas 24 son migratorias de invierno, una migratoria de verano, seis consideradas residentes-migratorias, una especie considerada como transeúnte. El área de estudio alberga al perico mexicano (*Psittacara holochlorus*), especie endémica de México, se identificaron 12 especies que se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el grupo protección especial (Pr) se identificó a la aguililla negra-menor, zorzal corona negra, papan real, carpintero pico plata, garza tigre mexicana y zambullidor menor. En la categoría en peligro (p) se identificaron a la especie chipe mejilla dorada y en la categoría amenazada (a) se localizó a las especies pavita cojolite, vireo de Bell, perico mexicano, tucán y hocofaisan.

Palabras clave: residentes migratorias, transeúnte, migratoria

²¹⁷ Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera a Acuaco Zacapoaxtla km 8, Totoltepec, Zacapoaxtla, Puebla. C.P. 73680.

²¹⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito, km 56.5 Carretera Federal México-Puebla, San Martinito, Tlahuapan, Puebla. C.P. 74100.
*ordonez.casimiro@inifap.gob.mx





Introducción

La ubicación geográfica de México, su variedad de climas, topografía e historia geológica han producido una gran diversidad biológica que se encuentra entre las más importantes del mundo (Rzedowski, 1978). La situación geográfica de México *per se*, representa un ecotono entre dos grandes regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical, por esa condición cuenta con una vasta riqueza de flora y fauna. El país ocupa el cuarto lugar a nivel mundial con más del 12% de la biota total del planeta siendo solo superado por Brasil, Colombia e Indonesia; ocupa el quinto lugar en plantas, cuarto en anfibios, segundo en mamíferos y primero en reptiles; representa al menos el 10% de la diversidad terrestre del planeta (Groombridge y Jenkins, 2002; Hernández, 2005). El estado de Puebla se ubica en la parte centro - este del país; tiene una superficie de 34,290 km², representa el 1.7% del espacio total nacional. Se caracteriza por una amplia heterogeneidad topográfica pues alberga cuatro grandes provincias biogeográficas: la Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. Esta diversidad geomorfológica ocasiona marcados cambios de altitud que dan lugar a una amplia diversidad de climas, dominando los climas templados que cubren la mayor parte del territorio, seguidos de los cálidos y los semicálidos; la heterogeneidad climática se debe, en parte, a que conforme aumenta la altitud disminuye la temperatura y el territorio poblano está dominado en 65% por topografía montañosa y de lomeríos. Los inventarios de fauna silvestre, son una lista de taxones presentes en un determinado sitio donde el resultado más común que se origina, es el número de taxones o riqueza de los sitios evaluados y la información para cada especie son cualitativos, es decir, presencia/ausencia (Stiles, 2000). Los alcances de un estudio de este tipo pueden variar dependiendo de los taxones biológicos que se presenten y las características e intensidad de las metodologías que se apliquen. Moreno (2001) menciona que la estimación de la riqueza de especies y sus respectivas abundancias es una manera de expresar la diversidad biológica de una zona. El conocimiento de la abundancia de los mamíferos permite inferir el estatus de las poblaciones, su variación espacial y temporal, así como su correlación con variables bióticas o abióticas. De este modo, la abundancia relativa y los índices de uso de hábitat son básicos al establecer áreas prioritarias para la conservación (Walker *et al.*, 2000). En el presente estudio se realizó un monitoreo de aves paralelo al establecimiento de una plantación forestal en una superficie de 355 ha, de bambú nativo (*Guadua aculeata*) en terrenos seleccionados del Sitio Experimental "Las Margaritas" ubicado





en el municipio de Hueytamalco, Puebla. Los objetivos del presente trabajo fueron 1). Estimar el tamaño poblacional a través de la riqueza y abundancia relativa en aves presentes dentro de la plantación forestal sustentable de bambú nativo, 2). Determinar los indicadores de biodiversidad en aves y, 3). Determinar especies indicadoras de la calidad del hábitat.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el predio “Las Margaritas” que corresponde a un Sitio Experimental de propiedad federal a cargo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con ubicación geográfica en el noreste del estado dentro de la región hidrológica RH 27 Tuxpan-Nautla de la cuenca hidrológica B del Río Tecolutla subcuenca “F” del Río Joloapan (INIFAP, 2016), en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México. El muestreo de aves se llevó a cabo solamente en días despejados, se realizaron recorridos durante las mañanas con un horario de 7:00 am hasta las 12:00 pm. El principal método para el monitoreo de aves que se usó fue el conteo de puntos (Perovic *et al.*, 2008), que básicamente consiste en que el observador permanece inmóvil (o casi) en un punto fijo y toma nota de todas las aves que se puedan ver y/o escuchar desde ese lugar, en un período de 10 minutos y sin importar a que distancia se encuentren. El método propone que los puntos deben ser a largo de un transecto y que durante el recorrido se deben registrar cada una de las especies evitando contar en más de una ocasión a una misma. Otro método eficaz y económico que se utilizó fue la búsqueda intensiva, permite localizar aves fácilmente. Perovic *et al.* (2008) menciona que este método consiste en recorrer un área determinada (conocida como parcela de muestreo) sin seguir una trayectoria fija para localizar, contar e identificar aves. También se instalaron redes de niebla en espacios abiertos y ocasionalmente en *pasillos* entre la vegetación con el fin de capturar e identificar cuales aves están por lo regular en el sitio, se instalaron a partir de las 7:00 am y hasta las - 12:00 pm, siendo monitoreada con una frecuencia de 20 min. Cada especie capturada mediante red fue fotografiada, identificada y luego liberada en el mismo sitio de captura.





Resultados y discusión

Se registraron 117 especies de aves, las cuales pertenecen a 19 órdenes y 39 familias (Cuadro 1), del total de especies registradas 24 son migratorias de invierno, una migratoria de verano, seis consideradas residentes-migratorias, una especie considerada como transeúnte. Se determinó que el área de estudio alberga al perico mexicano (*Psittacara holochlorus*), especie endémica de México y a 12 especies que se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el grupo protección especial (Pr) se registró a la aguililla negra-menor, zorzal corona negra, papan real, carpintero pico plata, garza tigre mexicana y zambullidor menor. En la categoría en peligro (p) se identificó a chipe mejilla dorada, en la categoría amenazada (a) se localizó a pavita cojolite, vireo de Bell, perico mexicano, tucán y hocofaisan.

Cuadro 1. Registro de las especies de aves detectadas en el predio “Las Margaritas” en Hueytamalco, Puebla, México.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Nom-05 SEMARNAT 2010
Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije ala blanca	R	
		<i>Anas discors</i>	Cerceta ala azul	MI	
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula	R	
		<i>Crax rubra</i>	Hocofaisan	R	A
		<i>Penelope purpurascens</i>	Pava cojolita	R	A
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor menor	R	Pr
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormoran olivaceo	R	
		<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Garza tigre mexicana	R	Pr
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garceta grande	R y MI	
		<i>Egretta thula</i>	Garceta pie-dorado	R y MI	
		<i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	MI	
		<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	In (R)	
		<i>Butorides virescens</i>	Garceta verde	R	
	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	MI	
		<i>Plegadis falcinellus</i>	Ibis cara oscura	R y MI	





Continúa Cuadro 1...

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Nom-05 SEMARNAT 2010
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	R	
		<i>Cathartes aura</i>	Aura común	R	
	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Aguililla caminera	R	
		<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla gris	R	
		<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra-menor	R	Pr
Gruiformes	Rallidae	<i>Porphyrio martinicus</i>	Gallineta morada	R	
		<i>Aramides cajaneus</i>	Rascón cuello gris	R	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	Playero alzacolita	MI	
		<i>Tringa solitaria</i>	Playero solitario	MI	
Columbiformes	Columbidae	<i>Claravis pretiosa</i>	Tórtola azul	R	
		<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza	R	
		<i>Patagioenas flavirostris</i>	Paloma morada	R	
		<i>Columbina inca</i>	Tórtola cola larga	R	
		<i>Leptotila plumbeiceps</i>	Paloma cabeza ploma	R	
		<i>Geotrygon montana</i>	Paloma canela	R	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cucú ardilla	R	
		<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	R	
Strigiformes	Strigidae	<i>Ciccaba virgata</i>	Búho café	R	
Camprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotacabras pauraque	R	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí cola canela	R	
		<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí garganta negra	MI	
		<i>Campylopterus curvipennis</i>	Fandanguero mexicano	R	
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon caligatus</i>	Trogon violáceo	R	
Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus momota</i>	Momoto amazónico	R	
	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador verde	R	
	Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Tucán	R	A
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	R	
		<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	R	
		<i>Sphyrapicus varius</i>	Carpintero moteado	R	
		<i>Campephilus guatemalensis</i>	Carpintero pico plata	R	Pr
		<i>Colaptes rubiginosus</i>	Carpintero olivo	R	
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracará	R	
		<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	MI	





Continúa Cuadro 1...

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Nom-05 SEMARNAT 2010	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psittacara holochlorus</i>	Perico mexicano	En	A	
		<i>Amazona autumnalis</i>	Loro cachete amarillo	R		
	Tyrannida	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	R		
		<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	R		
		<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Papamoscas atigrado	MV		
		<i>Sayornis nigricans</i>	Mosquero negro	R		
		<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	R		
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	R		
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo común	R		
		<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso	R		
		<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Cabezón degollado	R		
		<i>Empidonax minimus</i>	Papamoscas chico	R		
		<i>Sayornis phoebe</i>	Papamoscas fibí	R		
		Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	Titira enmascarado	R	
			<i>Tityra inquisitor</i>	Titira pico negro	R	
		Vireonidae	<i>Vireo bellii</i>	Vireo de Bell	R	A
	<i>Vireo nelsoni</i>		Vireo enano	R		
			<i>Vireo huttoni</i>	Vireo reyezuelo	R	
	Passeriformes	Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca papán	R	
		Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina ala aserrada	R y MI	
			<i>Progne chalybea</i>	Golondrina acerada	R y MV	
<i>Hirundo rustica</i>			Golondrina tijereta	MI		
Paridae		<i>Baeolophus atricristatus</i>	Carbonero cresta negra	R		
Troglodytidae		<i>Troglodytes aedon</i>	Chivirrin saltapared	MI		
		<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Matraca tropical	R		
Poliophtilidae		<i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita azulgris	MI		
Turdidae		<i>Catharus mexicanus</i>	Zorzal corona negra	R	Pr	
		<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	R		
		<i>Turdus assimilis</i>	Mirlo garganta blanca	R		
		<i>Catharus occidentalis</i>	Zorzal mexicano	R		
Mimidae		<i>Dumetella carolinensis</i>	Mauillador gris	MI		
Parulidae		<i>Setophaga ruticilla</i>	Pavito migratorio	MI		
		<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	MI		
		<i>Cardellina pusilla</i>	Chipe corona negra	MI		





Continúa Cuadro 1...

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estacionalidad	Nom-05 SEMARNAT 2010
		<i>Setophaga chrysoparia</i>	Chipe mejilla dorada	T	P
		<i>Parkesia motacilla</i>	Chipe de agua sureño	MI	
		<i>Icteria virens</i>	Chipe grande	MI	
		<i>Setophaga citrina</i>	Chipe encapuchado	MI	
		<i>Setophaga coronata</i>	Chipe rabadilla amarilla	MI	
		<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero	MI	
		<i>Setophaga petechia</i>	Reinita amarilla	MI	
	Thraupidae	<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Miadero pata roja	R	
		<i>Sicalis luteola</i>	Gorrión canario sabanero	R	
		<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	R	
		<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	R	
		<i>Thraupis abbas</i>	Tangara alas Amarillas	R	
		<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azulgris	R	
		<i>Saltator atriceps</i>	Picurero cabeza negra	R	
	Emberizidae	<i>Tiaris olivaceus</i>	Semillero oliváceo	R	
		<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de Lincoln	MI	
	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	Colorín azul	R	
		<i>Passerina ciris</i>	Colorín sietecolores	M Y T	
		<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Picogordo degollado	MI	
		<i>Habia fuscicauda</i>	Piranga hormiguera garganta roja	R	
		<i>Piranga rubra</i>	Piranga roja	R	
	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	R	
		<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de altamira	R	
		<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de baltimore	MI	
		<i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	MI y MV	
		<i>Psarocolius montezuma</i>	Papan real	R	Pr
		<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	R y MV	
		<i>Psarocolius wagleri</i>	Oropéndola cabeza castaña	R	
		<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabeza cafe	MI	
		<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	R	
	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Euphonia garganta amarilla	R	
		<i>Spinus psaltria</i>	Jilguero dominico	R	
		<i>Euphonia affinis</i>	Euphonia garganta negra	R	
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	R	





La pava cojotita y el hocofaisan pertenecen al grupo de los crácidos, los cuales son muy importantes dentro de los bosques, son especies que habita en zonas boscosas y selvas bien conservadas. Su presencia dentro del predio “Las Margaritas” refleja un buen estado de conservación del área. La riqueza de aves representa el 19% de avifauna total del estado de Puebla, de acuerdo a lo que menciona (Hernández, 2013), mientras que a nivel nacional corresponde al 10%. En cuanto al estatus migratorio se observó que existe una mayor porción de especies residentes (77%) que migratorias visitantes de invierno, verano y transitorias (23%).

Conclusiones

1. La ornitofauna del predio y Sitio Experimental “Las Margaritas” en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México presenta una riqueza de 118 especies de aves que pertenece a 39 familias 19 órdenes. 2. Las especies con mayor índice de abundancia relativa son el Luis gregario, papan real y carpintero cheje. 3. La curva de acumulación de especies muestra que hace falta seguir con el muestreo para alcanzar la asíntota. El sitio cuenta con una amplia diversidad de especies de aves.

Literatura citada

- Groombridge, B. y Jenkins, M. D. 2002. Atlas mundial de la biodiversidad.
- Hernández, J. C. 2013. Aves del estado de Puebla. Editorial Gandhi. Instituto de Biología. BUAP.
- Hernández, N. J. 2005. Listado de mamíferos silvestres de Chila de las Flores, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. 72 p.
- INIFAP. 2016. Programa de manejo de plantación forestal comercial simplificado no maderable “Las Margaritas. *Guadua aculeata*. CIRGOC. Campo Experimental San Martinito-Sitio Experimental “Las Margaritas”. 54 p. (Inédito).





- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Vol.1. Zaragoza. 84 p.
- Perovic, P., C. Trucco, A. Tálamo, V. Quiroga, D. Ramallo, A. Lacci, A. Baungardner y F. Mohr. 2008. Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad - Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provincial Copo y Zona de Amortiguamiento. APN/GEF/BIRF. Salta, Argentina.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010. Protección ambiental de 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 de diciembre de 2010 (2ª sección). México.
- Stiles, F. G. 2000. Aves de la sabana de Bogotá: Guía de campo. Asociación Bogotana de Ornitología ABO y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Bogotá, Colombia. 276 p.
- Walker, S., A. Novaro y J. Nichols. 2000. Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Journal of Neotropical Mammalogy*, 7(2):73-80.





SELECCIÓN DE CLONES DE *Cedrela odorata* L. EN EL GOLFO Y SURESTE DE MÉXICO

Vicente Sánchez Monsalvo^{219*}, José Amador Honorato Salazar²¹⁹ y Javier López Upton²²⁰

Resumen

Se evaluaron dos experimentos clonales de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) establecidos en el año 2012, uno en Campeche y otro en Veracruz, los cuales constan, cada uno de 90 clones bajo un diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones. A los cinco años de edad de la plantación se midieron las variables altura total, diámetro normal, altura de fuste limpio, fuste recto, brote líder y número de trozas de un metro, además se estimó el volumen de cada árbol. Con esta información se obtuvieron las heredabilidades para cada variable y se estimó un índice de selección para cada clon a partir de la combinación de las heredabilidades promedio conjuntas de cada variable. Las heredabilidades del promedio de los clones, fueron las siguientes: altura total = 0.4904, diámetro normal = 0.5686, fuste limpio = 0.0617, fuste recto = 0.417, número de trozas = 0.453 y volumen = 0.549. Se seleccionaron 30 clones que pertenecen a las procedencias: Cárdenas, Tab. (siete clones), Tuxtepec, Oax. (seis), Tezonapa, Ver. (cuatro), Teapa, Tab. (tres), Calakmul, Camp. (tres), Papantla, Ver. (dos), Yucatán (uno), Tinaja, Ver. (uno), Bacalar, Q.Roo (uno), Guatemala (uno) y Los Tuxtlas, Ver. (uno). A pesar de las diferencias geográficas y de manejo entre sitios de prueba, la correlación genotipo - ambiente fue muy reducida, los clones superiores en un sitio son los mismos en el otro. El grupo de clones seleccionados son útiles para establecer un huerto semillero clonal para la producción de semilla mejorada en el Campo Experimental El Palmar del INIFAP, en el estado de Veracruz.

Palabras clave: mejoramiento genético, huerto semillero, semilla mejorada

²¹⁹ INIFAP. Campo Experimental San Martinito. *sanchez.vicente@inifap.gob.mx

²²⁰ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.





Introducción

Los ensayos de procedencias-progenies ofrecen la oportunidad de seleccionar fenotipos sobresalientes. Tales fenotipos, al ser clonados y evaluados en diferentes sitios de plantación, permiten determinar la variación de sus respuestas morfológicas y de crecimiento, así como al ambiente en el que se establecieron. La propagación vegetativa o clonación de esos fenotipos sobresalientes, ayuda a adelantar los procesos de selección, de tal manera que un genotipo en particular puede ser sobresaliente en uno o en varios ambientes para ser seleccionado como progenitor o productor de semilla mejorada. Por lo tanto, el grupo seleccionado de clones, a partir de los experimentos clonales, puede ser utilizado en el establecimiento de huertos semilleros para la producción de semilla mejorada y certificada, necesaria para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) (White *et al.*, 2007).

En el presente estudio, se evaluó la heredabilidad o repetibilidad de clones entre sitios de plantación, debido a las interacciones de genotipo - ambiente, así como la tolerancia al ataque del barrenador de la yema apical (*Hypsipyla grandella* Zeller.) en clones de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), a partir de genotipos sobresalientes obtenidos de diferentes ensayos de procedencias-progenie en los Centros de Investigación Golfo Centro y Sureste del INIFAP.

Puesto que los ensayos de procedencias-progenies son el mejor método para iniciar un programa de mejoramiento genético forestal. Investigadores del INIFAP han tenido iniciativas, en diferentes momentos, de mejoramiento genético de las especies cedro rojo y caoba. En la Península de Yucatán, desde los años 80's (Patiño, 1997), en el estado de Veracruz se comenzó en el año de 1994 con cedro rojo. En El Palmar se efectuaron dos experimentos de procedencias de cedro rojo, uno de 3 ha establecido en 1994, convertido en huerto semillero en 2010 (Sánchez *et al.* 2003; Sánchez y Fernández, 2010; Sánchez *et al.* 2010) y otro de 2.5 ha establecido en 2003 con 16 procedencias y 168 familias (Hernández *et al.* 2010; Hernández, 2015). En 2008 se realizó una selección de genotipos de cedro y caoba con el objeto de establecer bancos clonales de los mejores genotipos a partir de los ensayos de El Palmar, San Felipe Bacalar y El Tormento. Para el caso de cedro rojo se tienen establecidos dos bancos clonales, uno con 124 clones de cedro rojo y 10 de caoba en El Palmar y el otro con 118 clones de cedro rojo y 30 de caoba en San Felipe Bacalar. De





estos, para el presente trabajo se planteó el objetivo de evaluar un grupo de 90 clones de cedro rojo en diferentes localidades del sureste del país. Los materiales son los seleccionados en el período 2008-2010 a partir de los ensayos de procedencias-progenie de El Palmar, San Felipe Bacalar y El Tormento. La finalidad de todas estas acciones de mejoramiento genético son proveer con germoplasma de calidad para el establecimiento de futuras PFC, al mismo tiempo, conservar la diversidad genética de la especie de forma *ex situ* a través de la conversión de experimentos en huertos semilleros o con el establecimiento de nuevos huertos semilleros de materiales genéticamente probados.

Materiales y métodos

Se establecieron dos experimentos durante agosto de 2012 para la experimentación con 90 clones, bajo un diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones, la unidad experimental fue de un árbol o rameto por repetición. Tales clones fueron obtenidos de los bancos clonales ubicados en San Felipe Bacalar, Q. Roo y en El Palmar, Ver., los cuales son producto de la selección fenotípica, a partir de ensayos de procedencias establecidos y evaluados previamente en los Campos Experimentales del INIFAP El Palmar, Ver., El Tormento, Camp. y San Felipe Bacalar, Q. Roo.

Para el establecimiento de los experimentos clonales, se buscaron localidades contrastantes, con el objeto de determinar la interacción genotipo-ambiente. De esta manera, se estableció un experimento en Campeche, en terrenos de la empresa “Agropecuaria Santa Genoveva”, el otro se estableció en el municipio de Isla, Ver. en el rancho propiedad del Ing. Máximo Molina V., productor de piña, en el estado de Veracruz. Algunas características de los sitios de plantación se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas características de los sitios de plantación de dos experimentos clonales de cedro rojo en el Golfo y sureste de México.

Ubicación	Coordenadas	Precipitación (mm)	Suelo	Temperatura Promedio °C	Altitud (m)
Isla, Ver.	18° 04' 50.21" 95° 32' 0.75"	2000	Limo-Arenoso	25	56
Sta. Genoveva, Camp.	19° 33' 26.53" 90° 01' 33.96"	1300	Arcilloso de origen calcáreo	26	82





Los 90 clones fueron obtenidos por injerto y producidos en el Campo Experimental El Palmar. Las varetas provinieron de bancos clonales establecidos en el Sitio Experimental San Felipe Bacalar, Q. Roo y Campo Experimental El Palmar, Ver. Los genotipos bajo experimentación analizados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Listado de clones establecidos en los experimentos base del presente estudio.

Procedencia de los genotipos	Número de clones	Ubicación del experimento de procedencias
Tezonapa, Ver.	27	El Palmar, Ver.
Cárdenas, Tab.	12	El Palmar, Ver.
Tuxtepec. Oax.	12	El Palmar, Ver.
Calakmul, Camp.	8	Bacalar, Q.Roo
Teapa, Tab.	4	El Palmar, Ver.
Golfo, Ver.	3	El Palmar, Ver.
Escárcega, Camp.	3	Bacalar, Q.Roo
Papantla, Ver.	3	El Palmar, Ver.
Tuxtla, Ver.	3	El Palmar, Ver.
Guatemala	2	Bacalar, Q.Roo
Palenque, Chis.	2	El Palmar, Ver.
Zona Maya	2	Bacalar, Q.Roo
Bacalar, Q.Roo	1	Bacalar, Q.Roo
Cardel, Ver.	1	El Palmar, Ver.
Comalapa, Chis.	1	El Palmar, Ver.
Escárcega, Camp.	1	El Tormento, Camp.
Lombardo, Oax.	1	El Palmar, Ver.
Misantla, Ver.	1	El Palmar, Ver.
Tierra Blanca, Ver.	1	El Palmar, Ver.
Tinaja, Ver.	1	El Palmar, Ver.
Yucatan	1	Bacalar, Q.Roo

VARIABLES A MEDIR

La medición se realizó a los cinco años de haberse establecido las plantaciones. Las variables que se midieron fueron las siguientes: altura total (m) medida con clinómetro y vara graduada, altura de fuste limpio (m) medida con vara graduada, altura de fuste recto (m) medida con vara graduada, diámetro normal (mm) medido con un vernier, número de trozas





de un metro de longitud y volumen por árbol (dm^3) estimado con la ecuación generada por Sánchez y García (2009).

Análisis de los datos

Para el cálculo de parámetros genéticos se obtuvieron los componentes de varianza mediante el procedimiento Mixed de SAS v6, con la opción de análisis de máxima verosimilitud restringida, que ofrece las mejores estimaciones de componentes de varianza para el modelo de la forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + B(S)_{ij} + C_k + SC_{ik} + error_{ijkl}$$

En donde: Y_{ijkl} es el valor de la variable del k-ésimo-clon en j-ésimo bloque dentro del i-ésimo sitio, μ es la media poblacional, S_i es el efecto del i-ésimo sitio, B_j es el efecto del j-ésimo bloque, C_k es el efecto aleatorio del k-ésimo clon, SC_{ik} es el efecto aleatorio del k-ésimo clon en el i-ésimo sitio, y $error_{ijkl}$ es el error aleatorio. El modelo aplica para las combinaciones de sitios y en caso del análisis individual se suprimen los efectos de sitio y la interacción de sitio por clones.

También se calculó la heredabilidad en sentido amplio (H_i^2) y del promedio de clones (H_c^2) para los dos sitios mediante las siguientes formulas:

$$H_i^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_{sc}^2 + \sigma_e^2)$$
$$H_c^2 = \sigma_c^2 / [\sigma_c^2 + (\sigma_{sc}^2 / s) + (\sigma_e^2 / sb)]$$

En donde: σ_c^2 es la varianza clonal, σ_{sc}^2 varianza clonal de los sitios, σ_e^2 es la varianza residual, s es el número de sitios y b es la media armónica del número de bloques por respectivo análisis, es decir, 4.559. El propósito es predecir el valor genotípico o valor clonal del clon del k-ésimo individuo donante o padre, en las diferentes combinaciones de sitios. Se calculó la correlación genética de tipo B, para conocer la estabilidad de los clones en los diferentes sitios.

Selección de clones

Con las heredabilidades del análisis conjunto, estandarizado, se obtuvo un índice de selección (IS), el cual se determina como una función de las variables de estudio, es decir,





como la suma de los efectos de las variables para cada clon, donde el efecto es la heredabilidad del promedio de clones conjunta del clon analizado, de tal manera que para cada clon:

$$IS = 0.4904*AT+0.5686*DN+0.0617*AFL+0.417*AFR+0.453*NT+0.549*V$$

En donde: IS es el índice de selección promedio de cada clon, AT es la altura total, DN es el diámetro normal, AFL es la altura de fuste limpio, AFR es la altura de fuste recto, NT es el número de trozas y V es el volumen de cada árbol o rameto.

Los clones se ordenaron con base en la característica con mayor índice de selección, considerando un porcentaje del 20% para seleccionar a los mejores de todos los sitios o de cada sitio evaluado. Adicionalmente al análisis genético, con los datos de crecimiento de los dos sitios, se realizaron análisis de varianza con el objeto de mostrar las diferencias en crecimiento de los clones en las condiciones contrastantes de cada sitio.

Resultados y discusión

El sitio de Santa Genoveva tuvo supervivencia medianamente baja, mientras que en el experimento de Isla, la supervivencia de los clones fue un poco mayor (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de supervivencia y promedio crecimiento de cedro rojo por sitio, a los cinco años de edad.

Variable	Media General	Santa Genoveva, Camp.		Ciudad Isla, Ver.	
		Media	Desviación estandar	Media	Desviación estandar
Supervivencia	78.33	78.81	-	81.85	-
Altura (m)	6.57	7.01	1.46	6.17	1.05
Diámetro normal (cm)	12.11	14.26	3.22	10.15	2.08
Fuste recto (m)	0.47	0.57	0.28	0.38	0.11
Número de trozas	1.77	2.31	1.24	1.28	0.85
Volumen (dm ³)	52.64	73.12	40.58	33.92	16.75
Fuste limpio (m)	2.01	2.07	0.6	1.96	0.43

El mayor crecimiento en Santa Genoveva se debe a que la plantación tiene riego por goteo desde que fue establecida, mientras que en Isla el experimento se encuentra bajo condiciones de temporal.





Los valores fenotípicos entre sitios demuestran las diferencias de condiciones de crecimiento en las que crecen los clones. Las diferencias de varianzas entre sitios son evidentes y por lo tanto, es necesaria la estandarización, en donde las varianzas se acerquen a un valor de uno a través de los sitios. La estandarización consistió en dividir cada variable entre su desviación estándar en el bloque correspondiente. De esta manera se eliminó el efecto de escala. La heredabilidad en sentido amplio expresa el grado en el cual los fenotipos de los rametos o el promedio de familias de rametos son determinados por el fenotipo de los clones (Falconer y Mackay, 1996). En el caso de la heredabilidad individual, los fenotipos de los rametos de los clones están escasamente determinados por el fenotipo del clon siendo sus valores relativamente bajos (Cuadro 3), debido a que se observa el efecto ambiental sobre fenotipos que se supone son uniformes, en donde la mayor proporción de la variación es debida al ambiente y a efectos aleatorios, como la influencia que puede ejercer el patrón sobre el injerto. Las mejores determinaciones del efecto de clones están en Isla, donde los efectos ambientales fueron de menor impacto que en Santa Genoveva. Al tomar en cuenta las combinaciones de sitios en diferentes ambientes, la heredabilidad de cada variable se reduce aún más: Genoveva–Isla con $H^2_{i=}$ 0.00 a 0.13, por el efecto de la diferencia de ambientes y sus bajos valores de heredabilidad individual en cada sitio. El resultado para los dos sitios pone de manifiesto que la variación ambiental entre sitios es determinante pues reduce el valor de la heredabilidad.

El promedio de la variación de los clones es el efecto de fenotipo del clon sobre el promedio de rametos, lo que hace subir la heredabilidad y reduce la varianza ambiental. Tal promedio permite realizar la selección de los mejores clones. Así, en el análisis conjunto de sitios con H^2_C de 0.1 a 0.72, se reduce la variación ambiental al tomar en cuenta los promedios. Este valor estima el efecto del clon o el árbol que está donando su fenotipo. En el caso de los sitios individuales, Isla H^2_C de 0.25 a 0.61 tienen los valores de heredabilidad promedio de clon mayores que en el análisis conjunto (que incluye el efecto del ensayo en Genoveva), observándose que los efectos ambientales en los primeros son menores que en estos últimos (Cuadro 4). Las correlaciones genéticas de tipo B, son relativamente altas lo que sugiere que los clones se mantienen aproximadamente en el mismo orden. Con el análisis combinado de sitios aumenta el componente ambiental y se reducen las estimaciones de heredabilidad individual y de promedio de clones.





Cuadro 4. Heredabilidad en sentido amplio individual H_i^2 y del promedio de clones H_c^2 , correlación genética tipo B de las combinaciones de sitios y la heredabilidad promedio de clones ajustada del análisis conjunto de cedro rojo de las variables estudiadas.

Variable	Sitio			Correlación tipo B
	Genoveva	Isla	Genoveva- Isla	
Altura				
H_i^2	0.1011	0.1397	0.0955	1
H_c^2	0.3183	0.4327	0.6581	
Diámetro				
H_i^2	0.0485	0.2524	0.1263	1
H_c^2	0.1746	0.6132	0.725	
Fuste Limpio				
H_i^2	0.0424	0	0.0074	0.4
H_c^2	0.1553	0	0.1116	
Fuste Recto				
H_i^2	0.0799	0.1286	0.079	0.8
H_c^2	0.265	0.4093	0.5625	
Trozas				
H_i^2	0.0941	0.1027	0.0833	1
H_c^2	0.3013	0.3496	0.6237	
Volumen				
H_i^2	0.0652	0.2364	0.1177	1
H_c^2	0.0004	0.5925	0.7087	

De acuerdo con los valores genotípicos estimados de los promedios de clones, se seleccionaron los mejores clones mediante el análisis conjunto (Genoveva e Isla en su conjunto). El índice de selección, a partir de los valores genéticos conjuntos da un grupo sobresaliente de clones provenientes, principalmente, del sureste mexicano (Cuadro 5). En esta primera etapa se seleccionaron 30, para posteriormente, estar en la posibilidad de establecer 20 en un huerto semillero para la producción de semilla mejorada. La manera de seleccionar los 20 clones a plantar en el huerto deberá hacerse por volumen el cual juega un papel importante pues, como se observó en el Cuadro 4, junto con la altura y el diámetro normal, tiene un valor genético alto.





Cuadro 5. Índice de selección para los 30 mejores clones de cedro rojo evaluados en dos sitios de experimentación.

Clon	Número de árboles	Índice de Selección	Procedencia
95	9	73.5267	Tuxtepec, Oax.
122	12	71.6894	Cardenas, Tab.
45	10	68.8619	Teapa, Tab.
23	10	67.8016	Calakmul, Camp.
67	7	66.6400	Cárdenas, Tab.
8	10	66.0849	Calakmul, Camp.
60	9	65.9692	Tuxtepec, Oax.
46	11	65.6451	Cárdenas, Tab.
27	10	65.4465	Yucatán
63	10	65.1799	Cárdenas, Tab.
19	9	64.8922	Calakmul, Camp.
49	10	64.5175	Teapa, Tab.
72	10	63.7669	Tuxtepec, Oax.
66	10	63.7389	Papantla, Ver.
58	6	63.6797	Teapa, Tab.
48	9	62.8335	Tinaja, Ver.
62	11	62.5783	Cárdenas, Tab.
89	11	61.6880	Tuxtepec, Oax.
108	10	61.3726	Tezonapa, Ver.
82	8	60.2897	Tezonapa, Ver.
64	11	59.8333	Cárdenas, Tab.
44	6	59.5983	Papantla, Ver.
68	10	58.9588	Tuxtepec, Oax.
42	10	58.4281	Cárdenas, Tab
83	9	58.0804	Tuxtepec, Oax.
30	12	57.8835	Bacalar, Q.Roo
96	12	57.6506	Tezonapa, Ver.
87	9	57.4730	Tezonapa, Ver.
2	12	57.1600	Guatemala
56	12	57.0676	Tuxtlas, Ver.

Conclusiones

1. La correlación tipo B indica que no hay una fuerte interacción genotipo-ambiente de la mayoría de los clones probados. 2. Los clones procedentes del sureste tuvieron mayor





posibilidad de selección, debido a sus características de crecimiento y forma, las cuales fueron sobresalientes.

Literatura citada

- Falconer, D. S. y T. F. C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetics. Ed. Pearson Education Limited.
- Hernández, M. E., J. G. Salazar G. y V. Sánchez M. 2010. Selección de genotipos de *Cedrela odorata* L. en un ensayo de progenies para establecer un banco clonal en Veracruz, México. Memoria, V Reunión Nacional de Innovación Forestal. Campeche 2010. p 16.
- Hernández, M. E. 2015. Estimación de parámetros genéticos y selección de genotipos de *Cedrela odorata* L. en un ensayo de procedencias - progenies. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 56 p.
- Patiño, V. F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotrópicos: propuestas para acciones coordinadas. Departamento de Montes. FAO.
- Sánchez, M. V.; Salazar, G. J. G.; Vargas, H. J. J.; López, U. J. y Jasso, M. J. 2003. Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características de crecimiento de *Cedrela odorata* L. Revista Fitotecnia Mexicana, 26(1):19-27.
- Sánchez, M. V. y E. Fernández C. 2010. Ensayo de procedencias y progenies de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el Campo Experimental El Palmar, Tezonapa, Ver. Memoria, V Reunión Nacional de Innovación Forestal. Campeche 2010. p 17.
- Sánchez, M. V., E. Fernández C. y B. Gutiérrez V. 2010. Diseño de un huerto semillero de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el Campo Experimental El Palmar. Memoria, V Reunión Nacional de Innovación Forestal. Campeche 2010. p 23.
- Sánchez M. V. y García C. X. 2009. Ecuaciones de volumen para plantaciones jóvenes de *Cedrela odorata* L. (cedro rojo) en Tezonapa, Ver. In: Memoria IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Saltillo, Coahuila, México. p 363.
- White, T. L., W. T. Adams y D. B. Neale. 2007. Forest Genetics. CABI, Oxford. 682 p.





ESTIMACIÓN INICIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN PLANTACIONES DE *Guadua aculeata* Rupr. EN HUEYTAMALCO, PUEBLA, MEX.

Melchor Rodríguez Acosta^{221*}, Casimiro Ordóñez Prado²²², Juan Carlos Tamarit Urias²²², Patricia Aguilar Sánchez²²² y Pedro Hernández Zaragoza²²³

Resumen

Guadua aculeata Rupr. es un bambú nativo de México que se desarrolla en climas tropicales, esta especie de forma natural alcanza alturas de 25 m y hasta 25 cm de diámetro. Por su rápido crecimiento esta especie tiene potencial para contribuir a mitigar el cambio climático. Por ello es importante estudiar el almacenamiento de carbono que esta especie puede lograr. No hay datos reportados sobre captura de carbono para esta especie, por lo que el presente estudio analiza la dinámica de la captura de carbono de este bambú. Se estimó la biomasa aérea, biomasa subterránea y contenido de carbono en plantaciones de un año en el predio Las Margaritas en Hueytamalco, Puebla. Se realizó un muestreo sistemático en una superficie de 180.88 ha distribuidas en seis polígonos, el diseño de la plantación fue en marco real, el espaciamiento entre plantas e hileras fue de 6 m dando una densidad de 278 planta/ha. A la edad de un año se determinó que la altura máxima de los hijuelos fue de 2.7 m, el diámetro máximo a la base de hijuelos los fue de 23 mm y el máximo de hijuelos por planta fue de 17. La cantidad de biomasa se determinó mediante un método destructivo extrayendo plantas completas, registrando el peso verde de la biomasa aérea y biomasa subterránea, posteriormente fueron secadas a 70°C durante 72 horas para obtener el peso seco. La plantación al año de establecida en promedio almacenó 6.7439 kg/ha de biomasa, distribuida en 3.7844 kg/ha de biomasa aérea y 2.9595 kg/ha en raíces. Un análisis de laboratorio indicó que el porcentaje de contenido de carbono en biomasa aérea y biomasa subterránea fue del 43.3 y 41.57%, respectivamente. La relación carbono biomasa

²²¹ Campo Experimental Ixtacuaco. CIR-Golfo Centro. INIFAP. Veracruz, México.

*rodriguez.melchor@inifap.gob.mx

²²² Campo Experimental San Martinito. CIR-Golfo Centro. INIFAP. Puebla, México.

²²³ Consultor y asesor forestal independiente. Puebla, México.





aérea/carbono biomasa subterránea fue en promedio de 1.8716. En la superficie total de los polígonos se estimó un total de 1,344.265 kg de carbono.

Palabras clave: bambú, muestreo sistemático, biomasa aérea, biomasa subterránea

Introducción

Actualmente vivimos en una época de transición en la cual los patrones climáticos están sufriendo cambios. El incremento en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) y el consecuente cambio climático, ha ocasionado efectos severos durante periodos cortos en las últimas décadas. Esto se atribuye a las emisiones de la atmósfera de compuestos que afectan la termodinámica de la tierra entre las que se encuentran el CO₂ (Houghton, 1999). El contenido de CO₂ a la atmósfera y su remoción están controlados, principalmente por el ciclo global del carbono. El intercambio de CO₂ entre los ecosistemas terrestres y la atmósfera refleja un balance entre los procesos que controlan el mismo, es decir, la fotosíntesis y la respiración de plantas, animales y microorganismos (Aber y Melillo, 1991). Si bien, la mayoría de los estudios sobre captura de carbono en los ecosistemas terrestres se enfocan a bosques templados y tropicales, en los últimos años están tomando auge las gramíneas leñosas, entre ellas varias especies de bambú. Estudios realizados en países asiáticos y de centro América indican que plantaciones forestales de bambú almacenan cantidades de carbono similares a las plantaciones de Eucalipto (Yiping *et al.*, 2010). Por las condiciones climáticas y edafológicas de México, el rápido crecimiento del bambú, la diversidad de productos que de estas especies se puede obtener y puesto que funcionan como almacenes de carbono, las plantaciones de bambú son una alternativa para la mitigación del cambio climático. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estimar la captura de carbono en plantaciones de bambú *G. aculeata* de un año de edad como una opción que contribuya a la mitigación del efecto de cambio climático en Puebla, México.



Materiales y métodos

El estudio se realizó en plantaciones de bambú establecidas en el predio “Las Margaritas”, municipio de Hueytamalco, Puebla localizado a 37 km al noroeste de Teziutlán, a la altura del km 9.5 de la carretera Hueytamalco - Tenampulco. Geográficamente se ubican en el noreste del estado dentro de la región hidrológica RH 27 Tuxpan-Nautla de la cuenca hidrológica B del Río Tecolutla subcuenca “F” del Río Joloapan (INIFAP, 2016).

El método de plantación utilizado fue marco real, la separación entre plantas e hileras fue de 6 m por lo que la densidad de plantación fue de 278 plantas/ha. La toma de datos se realizó en seis polígonos que suman un total de 180.88 ha, donde se estableció una red sistemática de sitios permanentes de muestreo. Esta red consistió en sitios de 108 m² distribuidos en la plantación. Cada sitio de muestreo consta de tres plantas y/o cepas numeradas de forma ascendente respecto a la pendiente, comenzando con la cepa que se encuentra en la parte más baja (Figura 1). Se colocó una estaca marcada con pintura señalando la dirección pendiente arriba sobre la línea de plantación en la que se ubicaron las dos plantas restantes incluidas en el sitio.

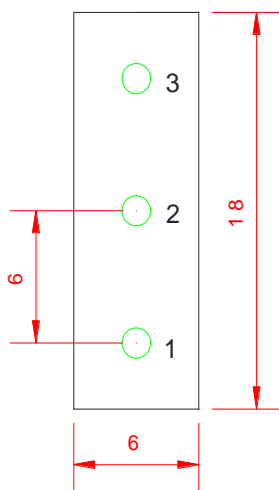


Figura 1. Esquema del sitio de muestreo para monitoreo de crecimiento y captura de carbono en plantaciones de bambú.



Distribución de los sitios

Los sitios se distribuyeron de manera sistemática, con una intensidad de muestreo del 0.33%, la distribución de cada sitio se hizo tomando en cuenta las variables: pendiente, exposición, cercanía a caminos y límites de áreas de plantación, así como altitud. De acuerdo con Ramírez (2013), el número de sitios se obtiene con la ecuación 1 y la distancia entre sitios con la ecuación 2.

$$NS = \frac{A}{AS} IM \quad (1)$$

$$D = \sqrt{\frac{A}{NS}} \quad (2)$$

Donde: NS es el número de sitios; A es la superficie total en m²; AS es el área del sitio en m²; IM es la intensidad de muestreo expresada en decimales; D es la distancia entre sitios en m; A es la superficie plantada en m².

Tamaño de la muestra para estimar la media

De acuerdo con Mellado (2018) para definir el tamaño de muestra se utiliza la ecuación 3 y 4:

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2} \quad (3)$$

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (4)$$

Donde: n es el tamaño de muestra; N es el total de sitios de muestreo; σ^2 es el estimador de la varianza muestral y B es el error permitido para la estimación de la media.

Mediante los Sistemas de Información Geográfica se obtuvieron las coordenadas UTM de cada sitio y con apoyo de un sistema de navegación satelital (GPS Etrex 30 Garmin) se ubicaron geográficamente en el terreno. Se elaboró un formato para registro de información de datos de control como: responsable del levantamiento de información, fecha, localidad, paraje, número de polígono, número de sitio, coordenadas UTM, altitud y pendiente, así como las variables dasométricas de todos y cada uno de los hijuelos (diámetro en la base, diámetro a 1.30 m y altura total). La biomasa fue determinada mediante un método destructivo, para ello se extrajeron plantas completas, registrando el peso verde de la biomasa aérea y biomasa subterránea, posteriormente fueron secadas a 70°C durante 72 horas, para obtener su peso seco. La muestra seca fue enviada a un laboratorio para su





análisis químico y obtener así el porcentaje de contenido de carbono en biomasa aérea y biomasa subterránea.

Resultados y discusión

Cuando se hacen inventarios en bambú es característico el uso de parcelas pequeñas (<100 m²), es posible que aumentando el tamaño se logre mayor precisión en el muestreo, pero debe tenerse en cuenta las dificultades que presenta la especie para ser inventariada (Fonseca y Rojas, 2016). En este trabajo, al considerar tres plantas de bambú por sitio de muestreo se tiene una superficie rectangular útil de 108 m², sobre el que midieron variables de crecimiento de los hijuelos en cada cepa o macollo en su conjunto para tener un tamaño muestral más elevado que permita disminuir la variabilidad natural que presenta la especie dado su hábito de crecimiento. Las plantaciones de bambú establecidas reflejan una gran variabilidad (Cuadro 1) en el diámetro a la base del hijuelo, número total de hijuelos, pendiente y exposición excepto en la altura o longitud cuyos valores fueron más homogéneos y se utilizaron para definir el tamaño de muestra óptimo para cada polígono (Cuadro 2).

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la plantación de bambú *Guadua aculeata* en Las Margaritas, Hueytamalco, Puebla.

Variables	Polígonos						
	1	2	3	4	6	9	
Altura (m)	Prom.	0.72	0.43	0.39	0.61	0.46	1.04
	Máx.	2.7	0.81	0.85	2	1.6	2.22
	Mín.	0.03	0.05	0.025	0.03	0.07	0.17
	S	0.46	0.20	0.19	0.34	0.32	0.45
	S ²	0.21	0.04	0.04	0.12	0.10	0.20
Diámetro a la base (mm)	Prom.	5.82	4.11	3.97	3.93	4.18	6.19
	Máx.	23	7.1	9.3	12.4	13	13.8
	Mín.	0.4	1.9	2.4	1	1.5	1.2
	S	3.78	1.36	1.60	1.95	2.14	3.06
	S ²	14.30	1.86	2.56	3.79	4.57	9.38





Continúa Cuadro 1...

Variables	Polígonos						
	1	2	3	4	6	9	
Número total de hijuelos	Prom.	8	7	5	5	12	6
	Máx.	17	11	6	10	17	9
	Mín.	1	4	3	2	4	2
	S	3.75	2.22	0.94	2.17	3.49	1.77
	S ²	14.03	4.93	0.89	4.73	12.18	3.13
Pendiente (%)	Prom.	42.58	75.42	36.79	38.13	2.72	45.53
	Máx.	90	90	40	90	3	50
	Mín.	5	50	35	2	2	35
	S	19.70	16.85	2.43	17.95	0.45	6.08
	S ²	388.22	283.87	5.90	322.17	0.21	37.02
Altitud (m)	Prom.	554.83	537.00	629.33	575.53	503.43	500.55
	Máx.	620	543	634	603	504	504
	Mín.	497	534	625	543	502	497
	S	41.75	3.87	3.66	14.94	0.91	2.89
	S ²	1742.77	15.00	13.39	223.31	0.82	8.37

Prom.: promedio, Máx.: máximo, Mín.: Mínimo, S: desviación estándar, S²: varianza.

Cuadro 2. Polígonos muestreados de la plantación de bambú *Guadua aculeata* en Las Margaritas, Hueytamalco, Puebla.

Polígono	Superficie (ha)	Número de sitios	Distancia (m)	Total Plantas	Total de sitios	Tamaño de muestra calculado (n)
1	58.44	18	181	16246	5411	21
2	7.85	2	181	2181	726	4
3	9.22	3	181	2562	853	4
4	91.32	28	181	25387	8456	12
6	4.69	1	181	1304	434	10
9	9.37	3	181	2604	867	20

La biomasa en ecosistemas forestales presenta como característica una elevada variabilidad, debido posiblemente a las condiciones del sitio, las actividades de manejo y sin duda a las diferentes metodologías para la estimación que propician una gran heterogeneidad cuando se comparan diferentes trabajos (Fonseca y Rojas, 2016). La variabilidad observada entre polígonos en relación con la cantidad de hijuelos, diámetro a la base y altura, cantidad de biomasa y contenido de carbono por hectárea se observa en los Cuadros 3 y 4.





Cuadro 3. Valores promedio de biomasa y contenido de carbono por polígono en la plantación de bambú en el predio Las Margaritas, Hueytamalco, Puebla.

Variables	Valor promedio por polígono						Promedio general
	1	2	3	4	6	9	
Biomasa aérea verde (kg)	0.4492	0.1925	0.0750	0.1227	0.3400	0.2150	0.2605
Biomasa aérea seca (kg)	0.0713	0.0421	0.0158	0.0226	0.0150	0.0409	0.0426
Biomasa subterránea verde (kg)	0.0958	0.0350	0.1225	0.0323	0.1800	0.0500	0.0682
Biomasa subterránea seca (kg)	0.0589	0.0145	0.0077	0.0091	0.0439	0.0229	0.0302
Biomasa total verde (kg)	0.5450	0.2275	0.1975	0.1550	0.5200	0.2650	0.3287
Biomasa total seca (kg)	0.1302	0.0566	0.0234	0.0317	0.0589	0.0638	0.0728
Contenido de carbono en biomasa aérea (%)	43.30	43.30	43.30	43.30	43.30	43.30	43.30
Contenido de carbono en biomasa subterránea (%)	41.57	41.57	41.57	41.57	41.57	41.57	41.57
Carbono en biomasa aérea (kg)	0.0309	0.0182	0.0068	0.0098	0.0065	0.0177	0.0184
Carbono en biomasa subterránea (kg)	0.0245	0.0060	0.0032	0.0038	0.0183	0.0095	0.0126
Relación carbono aéreo/carbono subterráneo	1.2606	3.0214	2.1438	2.5845	0.3546	1.8649	1.8716

Los contenidos de carbono en biomasa aérea y subterránea fluctuaron entre el 43.3 y 41.57% respectivamente; estos son similares a los que reporta Fonseca y Rojas (2016) en un estudio para *G. angustifolia* y *G. aculeata*, determinaron que la fracción de carbono promedio osciló de 43.3 a 47.2% entre los diferentes componentes (hojas, ramas, raíz y tronco).

Cuadro 4. Estimación del total de carbono por unidad de superficie en la plantación de bambú en el predio Las Margaritas, Hueytamalco, Puebla.

Variables	Polígonos						Total
	1	2	3	4	6	9	
Superficie del polígono (ha)	58.44	7.85	9.22	91.32	4.69	9.37	180.88*
Total plantas/ha	16246	2182	2563	25387	1304	2605	50284*
Sobrevivencia (%)	94.44	91.85	69.44	93.46	98.61	87.78	89.26**
Total carbono biomasa aérea (kg)	473.50	36.50	12.14	231.83	8.32	40.50	802.79*
Total carbono biomasa aéreo (kg/ha)	8.1023	4.6503	1.3169	2.5387	1.7758	4.3227	3.7844**
Total carbono subterráneo (kg)	375.60	13.15	8.15	95.97	23.81	24.74	541.44*
Total carbono subterráneo (kg/ha)	6.42	1.67	0.88	1.05	5.07	2.64	2.95**
Carbono total (kg)	849.10	49.65	20.29	327.81	32.14	65.24	1344.26*
Carbono total (kg/ha)	14.52	6.32	2.20	3.58	6.85	6.96	6.74**

* Valor Total. ** Valor Promedio.





Conclusiones

1. A un año de establecida la plantación, *G. aculeata* inicia la captura de carbono almacenando en promedio 6.7439 kg/ha, de los cuáles 3.7844 kg/ha corresponden a biomasa aérea y 2.9595 kg/ha a las raíces. 2. Respecto al contenido de carbono se obtuvo un 43.3% en la biomasa aérea y un 41.57% en la raíz. 3. La relación carbono biomasa aérea/carbono biomasa subterránea fue en promedio de 1.8716. 4. En la superficie total (180.88 ha) de los polígonos estudiados se estimaron 1,344.265 kg de carbono.

Agradecimientos

En especial se agradece el financiamiento proporcionado para este trabajo a la empresa Volkswagen de México, S.A de C.V., mediante la firma de convenio de concertación institucional para el establecimiento de una plantación forestal sustentable de 355 ha de bambú nativo *Guadua aculeata* en el Sitio Experimental Las Margaritas ubicado en el municipio de Hueytamalco, Puebla.

Literatura citada

- Aber, J. D. and J. M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Saunders College Publishing. 429 p.
- Fonseca, G. W. y M. Rojas V. 2016. Acumulación y predicción de biomasa y carbono en plantaciones de bambú en Costa Rica. *Ambiente y Desarrollo*, 20(38):85-98.
- Houghton, R. A. 1999. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850-1990. *Tellus*, 51B:298-313.
- INIFAP. 2016. Programa de manejo de plantación forestal comercial simplificado no maderable "Las Margaritas. *Guadua aculeata*. CIRGOC. Campo Experimental San Martinito-Sitio Experimental "Las Margaritas". 54 p. (Inédito).





- Mellado, B. J. A. 2018. Muestreo sistemático. Departamento de Estadística y Cálculo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. p. 24-30.
- Ramírez, D. M. 2013. Metodología para realizar y presentar los informes de sobrevivencia inicial (ISI) de las plantaciones forestales comerciales (Aspectos técnicos). Comisión Nacional Forestal. Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales. Guadalajara, Jalisco, México. 20 p.
- Yiping, L., Yanxia, L., Breckingham, K., Henley, G. and Guomo, Z. 2010. Bamboo and climate change mitigation: a comparative analysis of carbon sequestration. The International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). Technical Report No. 42. Beijing, China. 47 p.





ALMACÉN DE CARBONO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA, EN TLAPACOYAN, VERACRUZ

José Isidro Melchor Marroquín^{224*}, Jesús Jarillo Rodríguez²²⁵ y Epigmenio Castillo Gallegos²²⁵

Resumen

En la región de Tlapacoyan, Veracruz, se evaluaron tres sistemas (S) de producción con el objetivo de estimar la capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de *Brachiaria* spp. y *Panicum* spp., establecidas en unicultivo (S1), ambas leguminosas en asociación con la especie arbórea *Melia azedarach* (S2) y ésta última especie en unicultivo (S3). En S1 y S2 se tomaron muestras de biomasa de las gramíneas, se determinó su peso fresco y posteriormente su peso seco; se molieron y prepararon para la determinación de carbono. En S2 y S3 se derribaron 12 árboles de *M. azedarach* de 10 a 20 cm de diámetro, se les midió su altura, las ramas y follaje fueron separadas del fuste, el cual se seccionó en trozas de 2 m de longitud; de cada componente se obtuvo el peso fresco total y se tomaron muestras para determinar su peso seco; posteriormente se molieron y prepararon para la determinación de carbono en un analizador TOC-Vcsn Shimadzu 5050 SSM. Los resultados sobre el carbono almacenado por las gramíneas, mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.5$) entre especies y sistemas. *Panicum* spp. registró el mayor valor (15.27 Mg/ha) en S1 con respecto a S2 (6.21 Mg/ha) y esta especie fue superior a *Brachiaria* spp. en los dos sistemas, cuyos valores (S1, 1.56 Mg/ha; S2, 1.41 Mg/ha) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.5$), respectivamente. Respecto a *M. Azedarach*, no hubo diferencias significativas entre S2 y S3 para carbono almacenado; sin embargo, considerando el carbono total almacenado entre sistemas, fue mayor en $S3 > S2 > S1$, con 36.65, 34.47 y 16.83 Mg/ha, respectivamente. Estos resultados aportan elementos para concluir que es factible la implementación de este sistema silvopastoril, para la producción de pasto para forraje y

²²⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco.
*melchor.jose@inifap.gob.mx

²²⁵ Universidad Nacional Autónoma de México. CEIEGT El Clarín.





productos maderables, aunado a otros beneficios ecosistémicos en la región de bosque mesófilo de montaña.

Palabras clave: *Brachiaria* spp., *Panicum* spp., *Melia azedarach*, biomasa aérea

Introducción

Actualmente, el cambio climático es considerado como el principal problema ambiental a nivel mundial. Análisis recientes sobre este fenómeno, indican que la emisión antropogénica de gases efecto invernadero hacia la atmosfera, han incrementado la concentración de CO₂ en 40%, de 280 ppm en 1750 a 403.64 ppm para 2017, donde las actividades agropecuarias participan con 13.7% y el cambio de uso del suelo con 7-14% a nivel global (Harris *et al.*, 2012; Hosonuma *et al.*, 2012; Harvey *et al.*, 2014).

Por otra parte, existe suficiente evidencia de que la agroforestería tiene el potencial de secuestrar una proporción muy importante de carbono en forma de biomasa aérea y subterránea, desempeñando un papel importante en la regulación del ciclo del carbono para enfrentar los desafíos del cambio climático (Kumar, 2015; McGroddy *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2015).

La agroforestería es una práctica de uso de suelo donde las especies leñosas perennes interactúan con cultivos y/o ganado en el mismo espacio, para diversificar y optimizar la productividad bajo el principio de sostenibilidad y aportando otros servicios ecosistémicos como: incrementar la fertilidad del suelo, reducir la erosión, mejorar la calidad del agua y aire, favorecer la biodiversidad, mejorar el atractivo estético, aumentar la captura y almacenamiento de carbono (Casanova *et al.*, 2016).

De acuerdo con Cuartas *et al.* (2014), los sistemas silvopastoriles (SSP) extraen de la atmósfera cantidades de CO₂ que oscilan entre 8.8 y 26.6 Mg/ha/año, sin y con asocio de árboles maderables, respectivamente. Por su parte, Villanueva *et al.* (2015) encontraron en un SSP de *Gliricidia sepium* asociada con *Brachiaria decumbens*, que el carbono total almacenado fue de 119.82 Mg/ha, donde los árboles de *G. sepium* aportaron el 5.7% del total de C (6.48 Mg/ha). En otro estudio, McGroddy *et al.* (2015) estimaron en SSP tradicionales





de *Axonopus scoparius* asociada con árboles nativos, que las reservas de carbono en la biomasa leñosa oscilaron de 5.2 a 31.4 Mg/ha.

Por otra parte, los ecosistemas de bosque mesófilo de montaña (BMM) son reconocidos por su importante papel como fuentes de agua y por el endemismo de su diversidad biológica (Spracklen y Righelato, 2013). Sin embargo, su papel en el ciclo y almacenamiento de carbono es poco conocido y los estudios al respecto son escasos y divergentes en cuanto a resultados (Marshall *et al.*, 2012; Girardin *et al.*, 2014).

En Veracruz hasta 2013 aún existían 148,310.3 ha cubiertas con BBM, de esta superficie, casi el 60 % está catalogada como vegetación secundaria, producto del cambio de uso del suelo para agricultura, pastoreo desordenado, apertura de caminos y aprovechamiento maderable con y sin autorización, lo cual ocasiona una degradación continua del ecosistema en general (Gual y Rendón, 2017).

Los SSP ha mostrado ser útiles tanto para aumentar la producción pecuaria como para brindar servicios, como la fijación de carbono en el suelo y vegetación (Spracklen y Righelato, 2013); sin embargo, la información sobre la eficiencia de los SSP a nivel regional o local en ecosistemas de BMM es escasa, lo cual es fundamental para el diseño y manejo de SSP que conduzca a una producción pecuaria sostenible y mitigación del cambio climático mediante la captura de carbono. Por lo anterior, este documento aporta información sobre la captura de carbono de los componentes: arbóreo y gramínea, en un SSP de BMM.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se realizó en el Rancho Los Piochos, ubicado en la localidad de Platanozapan, Tlapacoyan, Ver., entre los paralelos 19° 56' 26" y 19° 56' 48" N y los meridianos 97° 15' 55" y 97° 15' 34" W a una altitud de 850 msnm. El clima de la región corresponde al tipo (A)C(m)(f), que se caracteriza por ser semicálido, templado húmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C, y la del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C; con precipitación anual mayor de 1,000 mm y precipitación del mes





más seco de 0 a 60 mm; lluvias de verano mayores al 10% anual. El suelo de la región es del tipo Andosol lúvico.

Metodología

Sistemas Evaluados. Se consideraron tres sistemas de producción constituidos cada uno por parcelas de 17 x 36 m de ancho y largo, respectivamente. El sistema 1 (S1) consistió en monocultivo de las gramíneas *Panicum* spp. y *Brachiaria* spp., plantadas equidistantes a 0.5 m. El sistema 2 (S2) representado por la asociación de la especie arbórea *Melia azedarach* y las gramíneas ya mencionadas; con los árboles establecidos a 2.5 x 5 m entre individuos e hileras, respectivamente; para una densidad de 1000 árboles por hectárea; en las calles formadas por las hileras de árboles, se establecieron las gramíneas, con la separación ya descrita. El sistema 3 (S3) consistió en el monocultivo de *M. azedarach*, con el espaciamiento ya mencionado.

Biomasa aérea de gramíneas. En los S1 y S2, se realizó un corte de homogenización en ambas gramíneas, para evaluar su producción a los 35 días después, mediante la selección de tres plantas de cada gramínea, a las que se les cortó la biomasa aérea y se determinó su peso fresco con una balanza granataria de 0.1 g de precisión. Se tomaron muestras de 600 g y se llevaron al laboratorio, donde se introdujeron en una estufa de ventilación forzada a 70°C hasta peso constante para obtener su peso seco. Posteriormente, se trituraron en un molino de martillo con malla de calibre 10 para la determinación de carbono.

Biomasa aérea de árboles. En S2 y S3 fueron seleccionados y derribados en cada uno, seis árboles de *M. azedarach*, considerando dos individuos para las categorías diamétricas de 10, 15 y 20 cm. En todos los casos, las ramas y follaje fueron separadas del fuste, el cual fue seccionado en trozas cuyo peso fresco se obtuvo con una báscula de 120 kg de capacidad (1 kg de precisión). De cada árbol seccionado, se extrajo de la parte basal, media y punta, una rodaja de 5 cm de espesor y se determinó su peso fresco. De cada rodaja, se extrajo una probeta de 50 g y se introdujo en una estufa de ventilación forzada a 75°C hasta peso constante para estimar la biomasa fustal. Las ramas y el follaje fueron fraccionados por separado y pesadas para registrar el peso húmedo. De ambos componentes se tomaron muestras de 5 kg por árbol para determinar el peso seco, introduciéndolas en una estufa a 75°C hasta peso constante.





La estimación de la biomasa por componente se obtuvo de la relación peso seco entre peso fresco, con base en las siguientes expresiones:

$$CH = \frac{Phs - Pss}{Pss} (100) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Ch = contenido de humedad (%)

Phs = peso húmedo (g)

Pss = peso seco (g)

$$B = \frac{PhBt}{1 + \left(\frac{CH}{100}\right)} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

B = biomasa seca (kg).

PhBt = peso húmedo total de biomasa (kg).

CH = contenido de humedad (%).

Determinación de carbono. La determinación del contenido de carbono (%) se realizó mediante un analizador de carbono TOC-Vcsn Shimadzu 5050 SSM, en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Para la estimación del contenido de carbono en la biomasa de los componentes de cada árbol y de las gramíneas, se utilizó la ecuación:

$$C = BTC * FC \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

C= Contenido de carbono por componente (fuste, ramas, follaje; expresado en kg).

BTC= Biomasa total del componente (kg).

FC= Porcentaje de carbono del componente, determinado directamente en el laboratorio.

Análisis estadístico

La información se procesó con el paquete estadístico Minitab® 17. Se aplicó un análisis de varianza unidireccional utilizando el procedimiento del modelo lineal generalizado, para determinar el efecto de la interacción entre componentes de cada sistema, sobre las variables evaluadas. Cuando diferencias estadísticas fueron observadas, la separación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0.5$).



Resultados y discusión

Considerando la producción de biomasa de las dos gramíneas, se encontró que S1 resultó 68.5% superior con respecto a S2, ya que la biomasa acumulada fue de 38.87 y 17.8 Mg/ha, respectivamente; así mismo, *Panicum* spp. tuvo mayor producción en ambos sistemas, siendo superior ($p \leq 0.5$) en S1 (35.1 Mg/ha) con respecto a S2 (14.8 Mg/ha); mientras que para *Brachiaria* spp. su producción fue similar y no presentó diferencias significativas entre sistemas; por otra parte, se observó que la biomasa total acumulada varió entre sistemas, donde S3 presentó el máximo valor, seguido por S2 y S1, con 73.3, 73.1 y 38.8 Mg/ha, respectivamente. La diferencia entre S1 y S2 se debe a la incorporación de la especie arbórea a S2, la cual contribuyó con el 75.6% de biomasa acumulada a dicho sistema (Cuadro 1).

La diferencia observada en la producción de biomasa de las gramíneas entre S1 y S2, puede atribuirse a la disponibilidad de luz, ya que en S2 las gramíneas se asociaron con *M. azedarach*, la cual interceptó parte de la radiación fotosintéticamente activa, que es la que utilizan las plantas para su crecimiento, situación que ha sido documentada por Baldassini *et al.*, (2018), quienes observaron que la biomasa aérea total acumulada de Pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*), varió de 4.3 a 11.7 Mg/ha, bajo sombra de Guayacan (*Caesalpinia paraguariensis*) y a pleno sol, respectivamente.

Cuadro 1. Biomasa aérea y contenido de carbono de especies gramíneas y *Melia azedarach*, en diferentes sistemas de producción.

Sistema	Componente	Biomasa (Mg/ha)	Carbono total (%)	Carbono almacenado (Mg/ha)
S1	<i>Panicum</i> spp	35.11 a	0.43 a	15.27 a
S1	<i>Brachiaria</i> spp.	3.76 c	0.41 b	1.56 c
S2	<i>Panicum</i> spp	14.38 b	0.43 a	6.21 b
S2	<i>Brachiaria</i> spp.	3.42 c	0.41 b	1.41 c
S2	<i>Melia azedarach</i>	55.3 a	0.49 b	26.85 a
S3	<i>Melia azedarach</i>	73.3 a	0.5 a	36.65 a

Valores con letras distintas, son estadísticamente diferentes. Tukey, $P \leq 0.5$.

Por otra parte, la inclusión de especies arbóreas en praderas, como fue en el caso (S2), incrementó la biomasa aérea total acumulada en ese sistema, situación que permite inferir





que es factible implementar este sistema, lo cual ha sido documentado por López *et al.* (2015), quienes reportan que la biomasa aérea en el sistema silvopastoril *Leucaena leucocephala* asociado con *Panicum maximum* fue superior al de pasto en monocultivo (*Cynodon plectostachyus*), con valores de 36.6 y 8.0 Mg/ha, respectivamente.

Respecto a la concentración de carbono total (%) en la biomasa de las gramíneas, no hubo diferencias significativas entre S1 y S2, pero si entre especies, siendo superior ($p \leq 0.5$) en *Panicum* spp. (Cuadro 1). La concentración de carbono encontrada en este estudio para el caso de *Brachiaria* spp., es superior a la reportada por Gasca *et al.* (2015) quienes mencionan un valor de 37.6%; Hussain *et al.* (2015) para *Panicum* spp. reportan 41%; mientras que Razo *et al.* (2015) señalan un intervalo de 38-50% para herbáceas y gramíneas.

Para el caso del carbono almacenado en la biomasa de las gramíneas, los resultados mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.5$) entre especies y sistemas (Cuadro 1). Así, *Panicum* spp. registró el mayor valor (15.27 Mg/ha) en S1 con respecto a S2 (6.21 Mg/ha) y esta especie fue superior a *Brachiaria* spp. en los dos sistemas, cuyos valores no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.5$). Las diferencias observadas sobre la capacidad de almacenamiento de carbono por las dos especies de pastos, independientemente de las múltiples interacciones entre los componentes de estos sistemas, se debería posiblemente a las diferencias en la biomasa aérea, biomasa de raíces, el aspecto edáfico, entre otros; ya que estudios previos reportan valores muy variables, como es el caso para *Brachiaria decumbens* donde Eleto *et al.* (2017) y Gasca *et al.* (2015) mencionan rangos de 3.28 - 3.67 y 1.57 - 3.18 Mg/ha, respectivamente, mientras que para *Panicum* spp., Odiwe *et al.* (2016) reporta un valor de 9.3 Mg/ha.

Respecto al comportamiento de *M. Azedarach*, no se encontraron diferencias significativas entre sistemas para las variables de biomasa y carbono almacenado, pero si para carbono total, donde S3 (0.5%) fue superior a S2 (0.49) ($p \leq 0.5$); sin embargo, en este caso los valores del presente estudio son superiores a los reportados en estudios previos como los de Aquino *et al.*, (2018) y Pompa *et al.* (2017), quienes agrupan en un intervalo de 42.8 a 49.8% la concentración de carbono total para diversas especies de zonas tropicales y subtropicales de México. Por otra parte, es importante mencionar que la determinación de la concentración de carbono en especies arbóreas particulares, permite estimar el carbono almacenado de





una manera más precisa, a diferencia de utilizar el valor estándar de 50% sugerido por Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 1996).

Para el caso del carbono almacenado, dado que es una función directa de la biomasa producida y la concentración de carbono total, pese a que existe amplia variabilidad en la información disponible, los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro de los intervalos reportados, por ejemplo, Douterlungne *et al.*, (2013), mencionan para *Guazuma ulmifolia* y *Trichospermum mexicanum* valores de 12.0 y 11.9 Mg/ha⁻¹; McGroddy *et al.* (2015), 26.9 Mg/ha⁻¹ para *Cordia alliodora* y Eleto *et al.* (2017), 54.58 Mg/ha para *Eucalyptus saligna*. Al respecto, la cantidad de carbono almacenado en los ecosistemas forestales es muy variable y su capacidad de almacenar varía en función de factores como el estado de desarrollo del mismo, las condiciones edafológicas y climáticas, la capacidad de respuesta que presenten las especies y de la variación de los resultados por las diferentes metodologías empleadas en cada uno de los estudios Torres-Torres *et al.*, (2017).

Conclusiones

1. El sistema de *M. azedarach* en unicultivo resultó con la mayor cantidad de carbono almacenado en contraste con el de gramíneas que tuvo el valor más bajo. 2. El sistema de la asociación gramíneas con *M. azedarach*, resultó inferior a S3 en el carbono almacenado con solo el 5.9% y superior en 51% respecto a S1. 3. Se aportó información original sobre la concentración de carbono para las especies estudiadas, lo cual permitirá en el futuro realizar estimaciones precisas sobre la capacidad de almacenamiento de carbono por tales especies, ya sea en sistemas silvopastoriles o en unicultivo. 4. Estos resultados aportan elementos para concluir que es factible la implementación de este sistema silvopastoril, para la producción de pasto para forraje y productos maderables, aunado a otros beneficios ecosistémicos en la región de bosque mesófilo de montaña. 5. La adopción de prácticas agroforestales es una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano, debido a que contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono principal causante del efecto invernadero, amortiguan la presión sobre los ecosistemas vulnerables (bosques y selvas) y aportan bienestar socioeconómico a las comunidades rurales. 6. En las





condiciones del bosque mesófilo de montaña, los sistemas silvopastoriles puede incrementar el almacenamiento de carbono en la biomasa, al mismo tiempo que permite una producción pecuaria más amigable con el ambiente.

Literatura citada

- Aquino, R. M., A. Velázquez M., J. D. Etchevers B. y J. F. Castellanos B. 2018. Concentración de carbono en tres especies de árboles tropicales de la sierra sur de Oaxaca, México. *Agrociencia* 52:455-465.
- Baldassini, P., C. Despósito, G. Piñeiro and J. M. Paruelo. 2018. Silvopastoral systems of the Chaco forests: Effects of trees on grass growth. *Journal of Arid Environments* 156:87-95.
- Casanova, L. F., L. Ramírez A., D. Parsons, A. Caamal M., A. T. Piñeiro V. y V. Díaz E. 2016. Environmental services from tropical agroforestry systems. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 22(3):269-284.
- Cuartas, C. A., J. F. Naranjo, A. M. Tarazona, E. Murgueitio, J. D. Chará, J. Ku *et al.* 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Rev Colomb Cienc Pec* 27:76-94.
- Douterlungne, D., A. M. Herrera G., B. G. Ferguson, I. Siddique y L. Soto P. 2013. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono de cuatro especies leñosas neotropicales con potencial para la restauración. *Agrociencia* 47:385-397.
- Eleto, C. M. M., L. A. Gonçalves, S. N. de Olivera, C. William F., C. P. Boechat, F. de Castro *et al.* 2017. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. *Scientific Reports* 7:1-7.
- Gasca, C., E. H. Pérez y A. Figueroa. 2015. Evaluación del potencial de captura de carbono en un sistema pastoril de *Brachiaria brizantha*, en la subcuenca alta del río Las Piedras y el municipio de Popayán. *Suelos Ecuatoriales* 44(1):42-50.
- Girardin, C. A. J., J. E. S. Espejo, C. E. Doughty, W. H. Huasco, D. B. Metcalfe, L. Durand B. L., *et al.* 2014. Productivity and carbon allocation in a tropical montane cloud forest of the Peruvian Andes, *Plant Ecol. Divers* 7:107-123.





- Gual, D. M. y A. Rendón C. 2017. Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agroproductividad* 10(1):3-9.
- Harris, N. L., S. Brown and S. C. Hagen. 2012. Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions. *Science* 336:1573-1576.
- Hosonuma, N., M. Herold and V. De Sy. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ. Res. Lett* 7:1-10.
- Harvey, C. A., M. Chacon, C. I. Donatti and E. Garen. 2014. Climate-Smart Landscapes: opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. *Conservation Letters* 7 (2):77-90.
- Hussain, T., H. W. Koyro, B. Huchzermeyer and M. A. Khan. 2015. Eco-physiological adaptations of *Panicum antidorale* to Hyperosmotic salinity. *Flora* 201:30-37.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html> [consultado el 1 marzo de 2018].
- Kumar, V. 2015. Estimation of carbon sequestration of agroforestry Systems. *Van Sangyan* 2(5):17-23.
- López, S. J. G., F. Casanova L., G. Villanueva L., V. M. Interian K. y J. Hernández S. 2015. Almacenamiento de carbono en un sistema silvopastoril intensivo de *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*, en Michoacán, México. p 179-185. *In: Paz, F., J. Wong y R. Torres (ed.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México. Programa Mexicano del Carbono. Texcoco, Estado de México, México.*
- Marshall, A. R., S. Willcock, P. J. Platts, J. C. Lovett, A. Balmford, D. N. Burgess y S. L. Lewis. 2012. Measuring and modelling above-ground carbon and tree allometry along a tropical elevation gradient. *Biological Conservation* 154:20-33.
- McGroddy, M. E., A. M. Lerner, D. V. Burbano, L. C. Schneider and T. K. Rudel. 2015. Carbon Stocks in Silvopastoral Systems: A Study from Four Communities in Southeastern Ecuador. *Biotropica* 47:407-415.
- Odiwe, A. I, G. O. Olanrewaju and I. O. Raimi. 2016. Carbon sequestration in selected grass species in a tropical lowland rainforest at Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. *Journal of Tropical Biology and Conservation* 13:1-12.





- Pompa, G. M., J. A. Sigala R., E. Jurado, and J. Flores. 2017. Tissue carbon concentration of 175 Mexican forest species. *Forest-Biogeosciences and Forestry* 10:754-758.
- Razo, Z. R., A. J. Gordillo, R. Rodríguez, C. C. Maycotte y O. A. Acevedo. 2015. Coeficientes de carbono para arbustos y herbáceas del bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico. *Rev. Mex. Cienc. For* 6:58-67.
- Sánchez, J., G. Muro, J. Flores, E. Jurado y J. Saénz M. 2015. Contenido de carbono en un sistema agroforestal pastorilsilvícola del matorral espinoso tamaulipeco. *CIENCIA UANL* 74:57-61.
- Spracklen, D. V. y R. Righelato. 2013. Tropical montane forests are a larger than expected global carbón store. *Biogeosciences Discuss* 10:18893-18924.
- Torres, T. J. J., V. E. Mena M. y E. Álvarez D. 2017. Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *Entramado* 13(1):200-209.
- Villanueva, L. G., P. Martínez Z., F. Casanova L. y P. I. Montañez E. 2015. Carbon storage in livestock systems with and without live fences of *Gliricidia sepium* in the humid tropics of Mexico. *Agroforest Syst* 89(6):1083-1096.





MEJORES PRÁCTICAS DE ASERRÍO Y COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO EN UN ASERRADERO EJIDAL DE PUEBLA

Martha Elena Fuentes López^{226*} Edna Elena Suárez Patlán²²⁶, Noel Carrillo Ávila²²⁶ y Rogelio Flores Velázquez²²⁷

Resumen

Las empresas forestales ejidales en el estado de Puebla, carecen de control adecuado en las operaciones productivas y económicas. Presentan bajo nivel tecnológico de los equipos y herramientas, aplican prácticas inadecuadas en el proceso de producción y registran bajos coeficientes de aprovechamiento (CA), indicador que permite conocer la rentabilidad de los aserraderos e identificar las mejoras necesarias en el proceso de producción. La mayoría de las industrias no cuentan con información correcta de su CA, que asumen en 50% del volumen de madera en rollo procesado y 50% como desperdicio en forma de aserrín, tiras y costeras. Esto manifiesta la necesidad de calcular correctamente el CA en todas las empresas dedicadas al aserrío. Se determinó un índice de coeficiente de aserrío para trocería de pino de largas dimensiones en el aserradero “Rancho Nuevo, Nanacamila” para evaluar la eficiencia en producción con y sin la implementación de mejores prácticas.

Durante el aserrío se capacitó al personal y se implementó un protocolo de mejores prácticas para incrementar la producción. Se aserraron 50 trozas de diámetros variados y 8 pies de longitud, 25 antes y 25 después del protocolo. El volumen total de madera en rollo fue de 14.42 m³r con corteza y 12.99 m³r sin corteza. La proporción de productos aserrados fue de 58.81% para madera aserrada, 11.53% para tiras y recortes, 11.23% de costera de desperdicio, 7.80% para costera desorillada y 10.63% fue aserrín. Antes de la ejecución del protocolo se obtuvo un coeficiente real de 58.80 y un coeficiente comercial de 46.99. Después de inducir las mejores prácticas, el CA real se incrementó a 62.50 y el comercial a 49.95. Se observó el incremento en la producción y el compromiso empresarial por el cambio.

²²⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito.

*fuentes.martha@inifap.gob.mx

²²⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-COMEF.





Se determinó variación de corte entre y dentro de tablas de 1 a 5 mm. Se ratificó la necesidad de capacitación para el personal involucrado en la producción y que se destine al aserrío madera clasificada en calidad, para mantener un control eficiente en la transformación y aprovechamiento del producto, intrínsecamente ligado a la capacidad productiva y a los costos de producción.

Palabras clave: madera en rollo, rentabilidad, Pinus sp., madera aserrada, tablas

Introducción

Los bosques y selvas albergan a 5.6 millones de ejidatarios, comuneros indígenas y mestizos de bajo o nulo nivel de escolaridad, constituidos en 31,518 ejidos y comunidades agrarias que son propietarios del recurso forestal y habitan en conjunto, una superficie forestal de 105 millones de hectáreas. Estos grupos sociales son vulnerables y de alta marginalidad, en alto porcentaje carentes de los conocimientos y capacidades que la industria necesita para lograr la eficiencia.

El desarrollo de la industria forestal en México es insuficiente, se han perdido en los últimos 20 años, más de 1.5 millones de m² de infraestructura industrial de alto valor agregado (plantas de celulosa y papel, aglomerados, triplay y molduras) que ha llevado a una situación de bajo nivel competitivo, donde el actual modelo de desarrollo industrial sólo ha promovido aserraderos que no han sido evaluados en eficiencia para saber si son los adecuados para abastecer la demanda del mercado; consecuencia derivada de la falta de atención, seguimiento e intervención y apoyo gubernamental, cuyo modelo no responde a objetivos claros. Considerando que el déficit de la balanza comercial en 2014 fue de 6000 millones de dólares, la proyección debiera enfocarse a la disminución de importaciones y a satisfacer la demanda interna.

No existe un equilibrio entre la capacidad instalada y los volúmenes de abasto con oportunidad de tiempo y costo. Aunado, el uso de la madera no responde a su calidad, se realiza de manera indiscriminada sin considerar aspectos de clasificación, que discrepan con la búsqueda de incrementos en los coeficientes de aprovechamiento. Los vacíos en la





normatividad no propician la aplicación de tecnologías apropiadas, sustentables en el sector forestal. La falta de financiamiento, la desarticulación de la cadena productiva, problemas de tenencia de la tierra y la falta de organización en los ejidos y comunidades, no han permitido propulsar al sector de la industria forestal en las zonas menos desarrolladas.

La competitividad de los mercados actuales exige que la industria adquiera alta eficiencia de conversión, posea conocimiento pleno de la tecnología aplicada y de las relaciones de la maquinaria con la madera, que disponga de información de mercado actualizada, entre otros. Esto además de permitir un incremento en el coeficiente de aprovechamiento en la infraestructura actual, puede facilitar en cada etapa del proceso productivo la identificación de problemas operativos factibles de mejorar, así como de las características de la madera que influyen en el coeficiente de aprovechamiento.

La industria del aserrío tiene como principal objetivo la producción de madera aserrada con calidad y el máximo aprovechamiento de la materia prima. La combinación armoniosa de los factores descritos, permite incrementar la rentabilidad de los aserraderos. Para ello se requiere que el personal que opera la maquinaria esté capacitado, que la madera destinada al aserrío sea de calidad y que se mantenga un control eficiente en la transformación y aprovechamiento del producto, intrínsecamente ligado a la capacidad productiva y a los costos de producción de madera aserrada.

En México, la generalidad de la industria del aserrío, no cuenta con información correcta de su coeficiente de aprovechamiento, la instancia gubernamental correspondiente sólo les proporciona documentación forestal para el transporte de producto estimado en 50% del volumen de madera en rollo procesado, con lo cual se asume que el 50% del volumen restante se desperdicia en forma de aserrín, pedacería, tiras y costeras.

Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de calcular el coeficiente de aprovechamiento en todas y cada una de las industrias dedicadas al aserrío. Con base en esto, la Industria denominada “Ejido Rancho Nuevo, Nanacamila”, con giro de aserradero para producción de tablas, tabletas y tablones, solicitó que se elaborara su coeficiente de aserrío para trocería de largas dimensiones (8’). El objetivo del presente documento fue determinar un índice de coeficiente de aserrío para trocería de pino de largas dimensiones para evaluar la eficiencia en producción con y sin la implementación de mejores prácticas.





Materiales y métodos

Durante enero a julio de 2017 se desarrolló el estudio en la industria forestal del Ejido Rancho Nuevo, misma que se dedica al giro de aserradero y producción de tarimas de madera. Dicha empresa se ubica en la localidad de Zacatlán, Puebla a una altitud de 2400 m. El Ejido se integra por 54 ejidatarios hombres y 10 mujeres. Las estadísticas del INEGI señalan que la localidad presenta un porcentaje de analfabetismo entre los adultos de 21.84% y un grado de escolaridad de 4.11%. El ejido cuenta con una superficie de 490.41 ha, de las cuales 311 son de uso común. La superficie forestal aprovechada es de 278.84 ha, con una superficie bajo manejo de 284.71 ha. El volumen para aprovechamiento autorizado es de 33,888.32 m³ rollo total árbol (m³rta) en un ciclo de corta de 10 años (SEMARNAT, 2010).

Se caracterizó la maquinaria y equipo existente en el aserradero tomando en cuenta su capacidad instalada, capacidad utilizada, consumo y fuente de energía, funcionalidad, requerimiento de personal y dimensiones del producto en proceso y terminado. Se determinaron las características de la torre principal de aserrío y de la sierra banda, como: diámetro de los volantes, ancho de la sierra, longitud de la sierra, calibre de la sierra, paso de diente, tipo de diente, ángulos de diente, profundidad de garganta, además del número y nivel de capacitación de los operarios en cada etapa del proceso.

Se aserraron 50 trozas de madera de pino (*Pinus* sp.) de diámetros variados y 8 pies de longitud, 25 antes y 25 después de implementar el protocolo sobre mejores prácticas de aserrío para incrementar producción y productividad en aserraderos. Se capacitó a los productores, administradores y operarios en el tema de mejores prácticas de aserrío para maderas suaves, abordando temas de manejo de trocería, cubicación de trocería, sistema de asierre y diagramas de corte, factores de la maquinaria y de la madera que influyen en el corte, características de las sierras, elementos de corte, mantenimiento de la maquinaria (alineación de volantes, rectificación de volantes, ajuste de guías, alineación del carro escuadra), realización del coeficiente de aprovechamiento, cubicación de madera aserrada, cálculo y análisis de información.

A cada una de las trozas seleccionadas del género *Pinus*, se les marcaron los cabezales para identificarlas con un número progresivo del 1 al 50. Se le midió el diámetro con una





aproximación al milímetro, tomando cuatro mediciones por cara, dos con corteza y dos sin corteza, y la longitud de la troza se midió con aproximación al centímetro. Para la cubicación de trocería se usó el diámetro promedio con corteza y sin corteza y se cubicó utilizando la fórmula de Huber: $V = AB * L$. Donde: **V** = Volumen (m^3), **AB** = Área Basal ($0.7854 \times D^2$), **L** = Longitud. Como lo determina el Manual de procedimientos para determinación de coeficientes de aserrío. Para calcular el coeficiente de aprovechamiento (C.A.) se utilizó la siguiente expresión.

$$C.A. = \left[\frac{\text{Vol. de producto aserrado en } m^3}{\text{Vol. de materia prima en } m^3} \right] \times 100$$

Al aserrarse, las tablas se fueron marcando con su correspondiente número de troza y el consecutivo número de tabla, colocándolas en forma separada por troza. Esto permitió identificar cada pieza aserrada hasta su medición. Se midieron todas las tablas aserradas que se produjeron para determinar el coeficiente de aserrío. A cada una de las piezas de largas dimensiones, se le tomaron seis mediciones del grosor con aproximación al centésimo de milímetro, utilizando un vernier digital; para el ancho se tomaron tres mediciones y una sola medición de la longitud, ambas con aproximación al milímetro, empleando un flexómetro en una y otra.

Las mediciones del espesor se ubicaron espaciadas equidistantemente a lo largo de la tabla a 12" de los cabezales, evitando pudriciones, nudos y otros defectos. Se cubicó cada una de las piezas obtenidas en función de su grosor y ancho promedios y de su longitud (Flores *et al.*, 1998). Se determinó la variación de corte en grosor y ancho de tablas. En las operaciones de desorillado y dimensionado se puso énfasis para incrementar el volumen de madera en los mejores grados. Se registró el número de piezas por medidas y calidad.

El coeficiente de aserrío real, se determinó de acuerdo con lo especificado por el Manual de procedimientos para determinación de coeficientes de aserrío:

$$CA = (\text{Volumen total de madera producto} / \text{Volumen total rollo con corteza}) * 100.$$

También se determinó el coeficiente de aserrío nominal o comercial, para ello se usaron las dimensiones comerciales o nominales de la madera aserrada y de la trocería (sin corteza). Las tiras y pedacería se apilaron juntas y las costeras por separado, se midió el largo promedio, el ancho promedio y alto promedio de cada pila por tipo de subproducto, aplicando un coeficiente de apilamiento del 50% al momento de cubicar. El caso del aserrín, fue





cubicado por diferencia con respecto al total de productos y subproductos. Para determinar la variación en grosor, ancho y largo de la madera aserrada se estimó el tamaño de muestra (Zamudio, s/f; Zavala, 1996).

Estimación del tamaño de muestra

El tamaño de muestra y el análisis de la variación de las dimensiones de la madera aserrada con relación a las dimensiones comerciales, se siguió bajo el siguiente procedimiento:

Para cada dimensión comercial, se realizó un muestreo tomando 100 tablas. A cada una de estas se les midió la longitud, el ancho (en los extremos y en el centro) y grosor (en los extremos y en el centro por ambos cantos), el grosor de cada tabla se caracterizó de acuerdo a lo especificado por la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-C18-1986. A los datos de cada dimensión, se les calculó la media, la varianza y la desviación estándar (St). Con los valores de los parámetros calculados, se determinaron los siguientes estadísticos: Error estándar, intervalo de confianza, error. Con los estadísticos ya determinados, el tamaño de muestra (n) se estimó mediante la fórmula siguiente:

$$n = \left(\frac{t^2 * s^2}{E^2} \right)$$

La variación del corte en el aserrío se determinó a través de la desviación estándar total del proceso, debida a la variación en espesor o anchura a lo largo de las tablas, a la que se le denominó desviación estándar dentro de tablas y por la variación que se presenta de una tabla a otra conocida como desviación estándar entre tablas. La desviación estándar dentro de tablas es un indicador de la forma en cómo está cortando la sierra y la desviación estándar entre tablas, es un indicador de la forma en que se encuentran los engranes de las escuadras y la alineación de las guías del carro.

El índice de coeficiente de aserrío se determinó de acuerdo a lo establecido en el anexo de la Circular No. 304-1433, emitida el 22 de abril de 1987 por la Dirección General de Normatividad Forestal de la Subsecretaría de Desarrollo y Fomento Agropecuario y Forestal y el Manual de procedimientos para determinación de coeficientes de aserrío, emitido por la Dirección de Desarrollo Industrial de la Subsecretaría Forestal en octubre de 1991, aún vigente.





Resultados y discusión

La maquinaria con que cuenta la empresa y que se utilizó para determinar el coeficiente de aserrío, es la siguiente: una máquina sierra banda principal con apertura máxima de corte de 90 cm, volantes de 1.12 m de diámetro y 10.0 cm de ancho. Motor eléctrico de 60 HP, trifásico de inducción cerrado. Carro escuadra de 12' (3.66 m) de largo, tres escuadras con movimiento mecanizado y apertura máxima de las escuadras a 70 cm. Un sistema de fricción para dar movimiento al carro con dos motores de 10 HP. Motor trifásico de inducción cerrado, y servicio continuo, sierras banda de calibre 17 y ancho de 10.16 cm, con dientes recalcados. Una máquina desorilladora para dos sierras con diámetro de 14" (35.56 cm), con motor trifásico de inducción cerrado. Una máquina péndula de viga con sierra circular para corte transversal de 28" de diámetro y motor de 10 HP, trifásico de inducción cerrado.

Un resultado importante de este estudio fue la determinación de un índice del coeficiente de aprovechamiento real y comercial.

Los resultados obtenidos de cubicar la madera en rollo de 50 trozas fueron de 14.42 m³r volumen total con corteza y 12.99 m³r volumen total sin corteza. La proporción de productos aserrados de un total de 585 piezas fue de 58.79% para madera aserrada de largas dimensiones (8 pies), 11.53% para tiras y recortes, 11.23% costera de desperdicio y 7.80% para costera desorillada y 10.65 para aserrín, como se indica en la Cuadro 1. Cabe señalar que durante el aserrado no se generaron tablonés ni tabletas.

Cuadro 1. Coeficiente de aserrío por productos de 50 trozas de *Pinus* sp.

Tablas de largas dimensiones	58.79
Tiras y recortes	11.53
Costera desperdicio	11.23
Costera desorillada	7.80
Aserrín	10.65

En la Cuadro 2 se muestran los valores del volumen resultante de cubicar los productos aserrados y sus respectivos coeficientes de aserrío antes y después de implementar el protocolo de mejores prácticas.





Cuadro 2. Volumen aserrado y coeficiente de aserrío por tipo de producto, antes y después de implementar el protocolo de las mejores prácticas.

Producto	Volumen m ³ de 25 trozas		Coeficiente de aserrío	
	Antes protocolo	Después del protocolo	Antes Protocolo	Después del Protocolo
Volumen real trocería	7.7878	5.979		
Madera aserrada (Vol. real)	4.5816	3.9028	58.83	65.26
Madera aserrada (Vol. comercial)	3.2988	2.8101	44.95	47.99
Costera desorillada	0.6485	0.3519	8.75	5.91
Volumen de costera desperdicio	1.0178	0.5279	12.07	8.82
Volumen de tiras y pedacería	0.4706	0.3754	7.66	6.27
Volumen de aserrín (calculado por diferencia)	1.0693	0.8219	12.73	13.74
Total	7.7878	5.979	100	100

Antes de implementar las mejores prácticas en el aserrío se obtuvo un coeficiente real de 58.83 y un coeficiente comercial de 44.95. Después del implemento de las mejores prácticas el coeficiente de aprovechamiento real se incrementó a 65.26 y el comercial a 47.99, lo que se consideró un incremento de 10.93% en la producción real de madera aserrada y de 6.76% en el coeficiente de aprovechamiento comercial, así también se observó el compromiso de la empresa por propiciar el cambio logrado en la producción. El 100% de la producción se destina a la venta sin clasificar (millrun) y sin un proceso de secado para incrementar valor agregado.

En relación con la variación de corte en espesor se detectó entre tablas y dentro de tablas de 1 a 5 mm, señalando problemas en el filo de los dientes de la sierra y en la alineación del carro. La variación en grueso de las piezas aserradas con la sierra de dientes recalcados fue incrementando gradualmente a medida que se fue presentando el desafilado llegando a los 5mm de diferencia entre piezas. Esto fue evidencia de la falta de un programa de mantenimiento de las herramientas de corte y del equipo. Se ratificó la urgente necesidad de capacitación para el personal involucrado directamente en la producción. Un factor importante de considerar para incrementar producción es que la madera destinada al aserrío debe clasificarse en calidad para mantener un control eficiente en la transformación y aprovechamiento del producto, intrínsecamente ligado a la capacidad productiva y a los costos de producción de madera aserrada.





Conclusiones

1. Se incrementó el coeficiente de aserrío en 8% inmediatamente después de recibir la capacitación y aplicar las mejores prácticas de aserrío. 2. Se detectaron variaciones de corte en grueso principalmente entre tablas y dentro de tablas entre 1 y 5 mm de espesor. 3. Las dimensiones del producto influyen significativamente en el coeficiente de aserrío.

Agradecimientos

Se agradece a las autoridades y al personal de apoyo del Ejido Nanacamila las facilidades para realizar el presente estudio.

Literatura citada

- Flores, V. R.; M. E. Fuentes L y J. Quintanar O. 1998. Desafilado de sierras banda en el aserrío de encinos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- SEMARNAT. 2010. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2010. México, MX, SEMARNAT. 226 p.
- Zamudio, S. E. s/f. Datos necesarios para determinar la situación tecnológica de las industrias forestales a partir de la madera. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). México. 23 p.
- Zavala, Z. D. 1996. Coeficiente de aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos banda. Revista Ciencia Forestal en México 21(79):165-181.





RENDIMIENTO, CALIDAD Y MERCADO DE CARBÓN VEGETAL EN HORNOS DE TIERRA EN XOXOCOTLA, VERACRUZ

Martha Elena Fuentes López^{228*}, Edna Elena Suárez Patlán²²⁸, Noel Carrillo Ávila²²⁸, Elba Rojas Díaz²²⁹, Rogelio Flores Velázquez²²⁸ y Gelacio Xocua Oltehua²³⁰

Resumen

El presente trabajo se realizó con la finalidad de conocer el rendimiento, calidad y precio del carbón en México, producido en su forma artesanal tradicional. Se trabajó con productores de carbón en la comunidad “Corratel” y “El Pelado” pertenecientes al municipio de Xoxocotla, Veracruz. Se derribaron y se cubicaron cuatro árboles de encino (*Quercus laurina* y *Quercus crassifolia*) para determinar el rendimiento de carbón (kg) producido en hornos de tierra. Se analizó la calidad del carbón producido, evaluándose los siguientes parámetros: poder calorífico, contenido de humedad, contenido de cenizas, contenido de carbono fijo y contenido de volátiles, se analizaron aspectos de comercialización y mercado potencial. Se obtuvieron datos de densidad de la madera de encino, se cubicó la madera antes de la producción de carbón y se pesó todo el carbón al finalizar el proceso. Para cubrir el análisis de calidad se tomaron muestras del carbón elaborado en tres diferentes alturas de los hornos: alto, medio y bajo. Los resultados obtenidos determinaron que se requieren alrededor de 8.5 m³ rollo de madera de encino para producir una tonelada de carbón. Para cubrir el análisis de mercado se obtuvieron los costos de producción, se realizaron entrevistas y encuestas a productores-consumidores. El rendimiento promedio obtenido por metro cúbico de madera fue de 18%. Los valores mayores de poder calorífico están contenidos en el carbón localizado en la parte más alta del horno y la calidad relacionada con los parámetros evaluados, todos resultaron con buenas características cubriendo la mayoría de los estándares internacionales de comercialización. La comercialización del producto se realiza principalmente de manera local y una gran parte se destina al consumo directo. De

²²⁸ Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito. *fuentes.martha@inifap.gob.mx

²²⁹ Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-COMEF.

²³⁰ Asesor Técnico Forestal. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.





los resultados se concluye que los hornos de tierra presentan rendimientos bajos, presentan una combustión vertical con poca uniformidad, la demanda del mercado de carbón es alta y la oferta no cubre las necesidades de consumo. Una deficiencia del carbón producido por métodos artesanales es que no cumple totalmente con los requisitos y especificaciones internacionales, que no ayudan a su posicionamiento internacional.

Palabras clave: *Quercus laurina*, *Quercus crassifolia*, análisis proximal de carbón, calidad, precio

Introducción

La producción y comercialización del carbón es una actividad que se practica desde hace siglos y sigue siendo muy alta y productiva. La elaboración de carbón vegetal en México en el año 2012 fue de 399,802 m³ rollo y el estado de Veracruz participó con 663. En este mismo año el género *Quercus* registró una producción de carbón de 138,935 m³ a nivel nacional (SEMARNAT, 2013). El municipio de Xoxocotla, Veracruz, tiene como principal actividad económica el aprovechamiento de sus recursos forestales, entre los que destaca la producción de carbón y la especie más utilizada para este propósito es el encino.

El carbón vegetal es un producto sólido, frágil y poroso que contiene un alto porcentaje de carbono. Durante el proceso de carbonización, se presentan cambios físicos y químicos, en promedio el 80% de su estructura es producto de la destilación o combustión incompleta de la madera en ausencia de aire y como consecuencia se tiene un aumento en el contenido de energía por peso unitario. Los materiales con mayor densidad (superiores a 0.50 g/cm³) son más apreciados para elaborar carbón dado que existe una relación directa entre densidad, rendimiento y calidad de carbón. La propiedad más importante que hace del carbón vegetal una fuente importante de energía es su poder calorífico, el cual fluctúa entre 29,000 y 35,000 kJ/kg. En el Municipio de Xoxocotla, Veracruz se realiza de manera intensiva la producción de carbón vegetal, empleando como materia árboles completos del género *Quercus* de diversas características, esto es, trozas comerciales de excelente calidad, trozas mal conformadas, puntas y ramas. El mercado actualmente exige estándares de calidad que obliga a los





productores de carbón vegetal la implementación de líneas de transferencia de tecnología que mejoren la calidad de su producción y la reducción de sus costos, reflejados en una mayor utilidad económica. Aproximadamente un 90% de los productores utilizan la técnica de producción en hornos de tierra.

Todos los encinos comparten características biológicas comunes: tallos leñosos, hojas coriáceas o duras y frutos bellotas. Su forma de crecimiento es comúnmente como árbol con alturas de 3 a 40 m, o como arbustos con alturas de 10 a 60 cm. Su desarrollo es lento, por lo cual también son de larga vida, llegando a vivir hasta 1500 años. Se desarrollan principalmente en bosques de zona templada, aunque también pueden hallarse en matorrales, pastizales y de forma intercalada, en algunas selvas secas. Tienen capacidad de rebrote. Un mismo individuo es hermafrodita y presentan polimorfismo, el cual consiste en la variación de la forma del tronco, hojas, flores, frutos y aspecto en general. La madera y sus subproductos presenta valores promedio de poder calorífico de 2.4 a 2.7 kj/g, materiales volátiles entre 14.44 y 15.01%, cenizas entre 5.00 y 5.77%, carbono fijo de 76.00 a 78.14%. Durante los aprovechamientos maderables, aproximadamente el 35.0% se queda en monte en forma de puntas, ramas y brazuelo o se destina a leña o carbón. En la mayoría de los casos, todo el volumen autorizado se destina a la producción de carbón.

El estudio se desarrolló con la finalidad de conocer rendimientos y calidad de carbón producido con madera de encino.

Materiales y métodos

El municipio de Xoxocotla Veracruz, forma parte de la región natural denominada “Las Grandes Montañas”, se ubica entre los paralelos 18° 36’ - 18° 40’ N y los meridianos 97° 08’ - 97° 14’ W; su altitud oscila entre los 2100 y 2700 m. Las actividades principales de Xoxocotla, Ver., se enfocan principalmente a la elaboración de madera aserrada, la producción de carbón vegetal y el aserrío de madera para la elaboración de muebles rústicos.

Para cubrir los objetivos del estudio, se realizaron las siguientes actividades. Se derribaron y cubicaron cuatro árboles de encino de las comunidades de Corratel y el Pelado; las especies



se identificaron como *Q. laurina* (encino delgado) y *Q. crassifolia* (encino de tolompo). Se construyeron tres hornos de tierra y se registró el volumen empleado en cada horno. Para determinar el volumen se cubicó cada árbol completo: fuste, ramas y tocón. Se midieron los diámetros y la longitud de todas las secciones o trozas obtenidas de cada árbol, utilizando la fórmula de Huber y Smalian. Se preparó el terreno, se procedió a la construcción del “chabete” y posteriormente se fue colocando en forma circular el volumen total de leña hasta integrar el horno de tierra (Figura 1).



Figura 1. Cubicación de madera en rollo, de leña, y la quema de carbón en horno.

El proceso se dio por terminado, con base en la coloración del humo y al tiempo de carbonización. La práctica constante de esta actividad ha llevado a los productores a un conocimiento empírico del tiempo promedio estimando entre ocho y diez para llevar a cabo la combustión y lograr mayor eficiencia del horno.

El análisis proximal del carbón vegetal se realizó de acuerdo a las especificaciones técnicas de la norma ASTM D1762-2007 Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. Se evaluó la densidad de la madera verde, en el carbón se evaluó el contenido de humedad, materiales volátiles, ceniza y contenido de carbono fijo. Se utilizó una mufla de laboratorio marca Nabertherm variando las temperaturas de calentamiento y los tiempos de aplicación de temperatura, en función de la prueba realizada. Se empleó un calorímetro de bomba isoperibol Parr 1266 para determinar el poder calorífico del carbón, aplicando cuatro repeticiones en las muestras de cada altura del horno. Se elaboraron encuestas dirigidas a productores y consumidores para obtener información de oferta, demanda y mercado potencial del carbón en forma local y estatal.



Resultados y discusión

El volumen utilizado de madera de encino en los tres hornos, así como el rendimiento, se indican en el Cuadro 1. Para producir una tonelada de carbón vegetal, se requieren en promedio $8.47 \pm 0.2 \text{ m}^3$ de madera. Las temperaturas empleadas en este tipo de hornos son variables y no son controlables, por lo que en el proceso de transformación, los rendimientos pueden variar entre 10 y 20%; no obstante, los resultados indican que de cada tonelada de materia prima base seca, se obtiene un promedio del 18% en producto y se encuentran dentro del rango aceptable al tomar en cuenta las características del horno y los resultados reportados por autores como Wolf y Vogel (1985), quienes señalan un rendimiento entre 10 y 20%. Si bien el rendimiento es más cercano al valor más alto del rango, definidos en este sistema de producción, sigue siendo evidencia de baja eficiencia de conversión. Este método de producción, por su baja eficiencia afecta directamente la economía de los productores, sin embargo, es importante resaltar que sigue siendo la técnica más utilizada en la región estudiada, debido a la falta de conocimiento técnico del proceso, aunado a la falta de apoyos económicos en la transferencia y/o difusión de otras tecnologías de producción.

Cuadro 1. Análisis proximal del carbón. Valores promedio.

Horno	Contenido (%)				Producción y rendimiento			
	Humedad	Volátiles	Cenizas	Carbono Fijo	Poder calorífico	Volumen (m3)	kg	%
1	5.14	8.41	2.45	89.08	7729.91	1.69	204.5	18.62
2	4.94	11.31	2.92	85.77	7671.58	1.42	163.0	17.70
3	5.24	14.56	3.16	82.28	7245.43	4.23	501.0	18.22

La utilización del carbón vegetal se condiciona a su uso eficiente y a la calidad óptima para el cual se elabora. Los valores de las propiedades proximales del carbón vegetal se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.0. Consistió en evaluar el efecto de las características físicas y químicas de calidad de carbón en tres niveles dentro del horno: parte alta, media y baja. Para expresar los resultados se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) monofactorial, con un nivel de confianza del 95%. En México no existen especificaciones estandarizadas de calidad para el mercado local, regional, nacional o internacional; las evaluaciones de estudios realizados basan su análisis en los estándares menos exigentes que corresponden a la FAO





donde exigen un rango mínimo de 5% y un máximo de 25% de humedad con respecto a su peso bruto y entre los más exigentes se tiene a los europeos, asiáticos y americanos. Los valores numéricos en los tres hornos en promedio son ligeramente superiores a este valor, excepto para el horno 2, donde el valor de humedad del carbón obtenido se registró en 4.94%. Los resultados muestran que no existe un patrón definido de la distribución de humedad dentro del horno. En el horno 1, la mayor humedad se concentra en la zona media y la menor en la zona alta, lo cual pudiera ser atribuible a una distribución no uniforme de la temperatura durante el proceso de carbonización.

Los contenidos de volátiles en el carbón vegetal, se consideran una característica química importante, cuyos efectos se reflejan sobre el rendimiento del carbón a partir de su densidad. Se refieren a todos los residuos líquidos y alquitranosos que no son eliminados totalmente durante el proceso de carbonización, están ligados al tiempo del proceso de carbonización. Bajo la descripción de calidad emitida por FAO, 1983; el contenido de sustancia del carbón producido en hornos de tierra, es 13%, puesto que la temperatura oscila en los 500°C. Se observaron diferencias estadísticas en el contenido de materiales volátiles del carbón producido en cada horno ($p < 0.0001$). También se encontraron diferencias en las interacciones entre zonas (alta, media y baja) del mismo horno. Los porcentajes más altos en el contenido de volátiles se presentaron en la parte media y alta del horno 3, mientras que el valor más bajo se identificó en la parte media del horno 1, lo que refleja un proceso irregular en la carbonización de la leña.

En este contexto, se define que el contenido de cenizas (minerales como la arcilla, sílice y óxidos de calcio, magnesio, etc.) debe ser inferior a 5%. En este parámetro se encontraron diferencias estadísticas en cada horno ($p < 0.0001$), así como también en las interacciones entre los niveles, resaltando que la única interacción que no presentó diferencias fue el horno 3 en su interacción Alto vs Bajo.

Con respecto al contenido de carbono fijo, los resultados mostraron diferencias ($p < 0.0001$) en cada horno, al igual que en las interacciones entre los niveles. Se pudo apreciar que donde se alcanzó mayor temperatura durante el proceso de carbonización, se consiguió un mejor refinamiento del carbón, lo que provocó un bajo contenido de sustancias volátiles y se reflejó en el aumento del porcentaje de carbono fijo, cuyos valores oscilaron entre 82 y 89%, lo que representa un carbón con mayor eficiencia. La FAO indica que el contenido de





carbono fijo en el carbón vegetal debe variar en un rango mínimo y superior de 50 al 95%, respectivamente.

El análisis de varianza del poder calorífico indicó que no existieron diferencias estadísticas en el horno 1 ($\rho=0.1401$) al igual que en el horno 2 ($\rho=0.1837$). Sin embargo en el horno 3 si hubo diferencias ($\rho=0.0021$). Es evidente que el poder calorífico depende fundamentalmente de su composición química, existiendo relaciones directas entre el contenido de carbono y el poder calorífico. Así, se observa que un elevado contenido de volátiles conduce a un valor calorífico ligeramente superior, en comparación con un carbón con alto contenido de carbono fijo y esto obedece a la diferencia que existe entre las calorías obtenidas del carbono y del hidrógeno.

Del estudio de mercado se desprende que existen dos grupos de productores de carbón vegetal: los de subsistencia que lo comercializan como medio para obtener sus ingresos totales y les permite comprar bienes de consumo, es decir, para cubrir sus necesidades básicas de alimentación. Este tipo de productores mantienen una representatividad del 90% y no todos se encuentran registrados en un padrón; les interesa poco la economía y el control de costos así como las afectaciones que se derivan para el medio ambiente. El segundo grupo produce y comercializa su carbón vegetal bajo el concepto de negocio. Requieren circular e incrementar el capital invertido y es importante la economía y el control de sus costos de producción.

El segundo grupo no se concreta a la tecnología artesanal, ha diversificado su producción empleando otras como: hornos de parva, de fosa, brasileños de tipo colmena, de media naranja u hornos Rabo Quente. En el 90% de los productores entrevistados, las operaciones del proceso de producción son manuales, carecen de equipo mecanizado. La vida útil promedio para los hornos oscila entre 6 y 20 años, excepto para los de parva y de fosa.

El costo por m^3 determinado para la madera de encino utilizada como materia prima es de \$2,250.00, el costo correspondiente a la producción de carbón incluyendo mano de obra se estimó en \$2,500.00. La capacidad en los hornos visitados fue variable, cada productor lo construye en función de sus necesidades, lo que define que la cantidad de madera a pirolizar y su rendimiento, también resulten variables. En los hornos de tierra la capacidad oscila entre dos y cuatro toneladas de carbón por quema, mientras que en los de tipo colmena y media naranja, la capacidad varía entre 5 y 17 t de carbón por quema (Cuadro 2).





Cuadro 2. Costo de producción por tonelada de carbón de encino.

Materia prima (\$/t)	Costo total de producción (\$/t)	Producción de carbón por horno (t/quema)	
		De tierra	Colmena y Media naranja
2,250.00	\$2,994.00	2 a 4	5 a 17

Del análisis de la información recabada y analizada, se obtuvo que el promedio de los carboneros encuestados produce anualmente 100 toneladas de producto, que a precio de mayoreo entre \$3.20 y \$3.80 por kg, los ingresos por la venta del producto oscilan en un rango de \$320,000.00 a \$579,000.00 pesos por año, dependiendo de su producción. Los costos de producción se estimaron en \$242,108.00 pesos aunque algunos productores superan las 400 toneladas anuales y registran costos totales de producción de \$1'245,336.00. Esto define ingresos mensuales entre \$6500.00 y 14,000.00. Los productores frecuentemente venden por debajo de sus costos totales con el fin de mantener un cliente o conservar un suministro económico estable.

La utilidad neta estimada de la madera de encino, en su alternativa de uso como materia prima para la producción de carbón, se determinó entre \$139.00 y \$292.00 por m³, lo cual se considera, aceptable y apropiado, ya que representa entre el 56 y 117% del costo del m³ rollo de madera.

La producción de carbón en hornos de tierra resulta heterogénea en su contenido de humedad, tamaño, procesos y con altos contenidos de impurezas. Las empresas funcionales son en su mayoría de tipo familiar, con un nivel tecnológico artesanal, mantienen una proporción 7 a 8: 1 m³r/t de producto en la transformación de carbón vegetal, lo cual desde el punto de vista ambiental se considera poco sustentable. Aunado, el nivel de ingreso es bajo cuando se compara con el trabajo invertido en la producción.

Conclusiones

1. La carbonización de la leña con hornos de tierra es una actividad de baja eficiencia y baja productividad, que indica un aprovechamiento ineficiente de los recursos maderables.
2. El rendimiento promedio obtenido por metro cúbico de madera fue de 18%, esto es 0.118 t/m³ de madera.
3. El carbón de leña producido en hornos de tierra se considera de buena





calidad, ya que contiene una baja cantidad de materiales volátiles y un elevado porcentaje de carbono fijo. 4. La calidad obtenida cubre la mayoría de los estándares internacionales de comercialización. 5. Los valores mayores de poder calorífico están contenidos en el carbón localizado en la parte más alta del horno, pero se debe de considerar que el tamaño de cada horno de tierra es variable, y que cada productor lo construye en función de sus necesidades, por lo que la cantidad de madera a pirolizar y su rendimiento también son variables. De acuerdo a esa información, debe ponerse atención a la regulación y el uso de tecnologías sustentables en la producción de carbón.

Literatura citada

- SEMARNAT. 2013. Anuario Estadístico Producción Forestal 2013. Coord. Gral. Gestión For y Suelos. http://web2.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/forestalsuelos/Anuarios/ANUARIO_2012.pdf.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1983. Métodos simples para fabricar carbón vegetal. Estudio FAO.:Montes 41. Roma. Italia. 154 p.
- Wolf, F. y E. Vogel. 1985. Manual para la producción de carbón vegetal con métodos simples. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Ex-hacienda Guadalupe, Universidad Autónoma de Nuevo León. MX. Reporte científico (2):23p.
- ASTM. American Standard Test Methods. 2007. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. Designation: D1762-84 (Reapproved 2007). ASTM International. United States. 2 p.





CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN VEGETAL OBTENIDO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA FORESTAL Y MADERABLE

Edna Elena Suárez Patlán^{231*}, Martha Elena Fuentes López²³¹, Noel Carrillo Ávila²³¹ e Itzel López Mandujano²³²

Resumen

En México hay una gran demanda de carbón vegetal, en la actualidad se sigue produciendo con métodos artesanales, la calidad no está estandarizada y la producción es ineficiente. El alto contenido de desperdicios de la industria forestal crea la oportunidad de aprovechar los residuos para la elaboración de carbón. La especie maderable, el sistema de producción, la temperatura y el tiempo de carbonización son factores que afectan la calidad del carbón. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad química del carbón de mezquite (*Prosopis laevigata*) y encino (*Quercus laurina*) elaborado a partir de residuos de la industria forestal. El carbón fue obtenido bajo los programas térmicos: 300, 400 y 500°C, tasas de calor de: 5, 10 y 15°C de elevación/minuto y 1 hora de carbonización. Sus características químicas se evaluaron con base en la norma ASTM D 1762-84. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI®, se realizó un análisis de varianza y una prueba de rangos múltiples. Con 95% de confianza se obtuvo que el carbono fijo y el contenido de volátiles, elementos sobresalientes en esta prueba, fueron diferentes para los tres efectos principales, especie, temperatura y tasa de calor. Respecto al contenido de volátiles se encontró que en el carbón de 300°C se alcanzó un promedio de 31.7% para el de 400°C 22.7% y para el carbón de 500°C 15.4% de volátiles promedio por temperatura. Respecto al carbono fijo, los promedios fueron de 58.9, 66.9 y 74.4% de carbono fijo en temperaturas de 300, 400 y 500°C respectivamente. Los volátiles están estrechamente relacionados con el factor temperatura. Por lo tanto, a mayor temperatura menor contenido de volátiles y mayor contenido de carbono fijo en todos los casos para ambas especies.

²³¹ Campo Experimental San Martinito. INIFAP. *suarez.edna@inifap.gob.mx; ednamorelia@hotmail.com

²³² FITECMA. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.





Palabras clave: carbón vegetal, mezquite, encino, carbono fijo, volátiles

Introducción

Los bosques son una fuente natural de recursos, la biomasa proveniente de las actividades forestales, residuos de éstos y de la agricultura son la fuente de energía más antigua utilizada por el hombre y la principal fuente de energía renovable (Earl, 1975). Sin embargo, el uso que se le dé a la biomasa forestal, a los residuos de los aprovechamientos y de la industria maderera debe ser óptimo para asegurar su sustentabilidad. La biomasa se utiliza para la generación de calor y la preparación de alimentos por aproximadamente dos mil millones de personas alrededor del mundo (FAO, 2013). En su mayoría la biomasa requiere algún tipo de conversión para poder utilizarse como combustible, únicamente la leña puede quemarse directamente. El objetivo principal de la transformación mediante procesos de conversión implica la disminución del contenido de humedad y por lo tanto el incremento de poder calorífico y el mejoramiento de las características de manejo (Díaz-Jiménez y Masera, 2004).

Los combustibles que provienen de la biomasa son leña, pellets, briquetas, gas, etanol, madera torrefacta y carbón vegetal (Carrillo-Parra *et al.*, 2013). La leña y el carbón son fuente fundamental de combustible para el sector residencial en México. Se realizó una proyección para evaluar el consumo de la leña y el carbón nacional para el período del 2010 al 2030. El modelo fue calibrado con los datos del censo oficial de los años 1990, 2000 y 2010. Para el año 2010 se estimó que la leña y el carbón representaron el 48% del total de la demanda energética en viviendas. La proyección de consumo de leña se redujo ligeramente de 19.4 kg (materia seca) en 2010 a 18.4 kg en 2030 y el consumo de carbón aumentará de 3.8 kg a 4.7 kg durante el mismo período. (Serrano-Medrano *et al.*, 2014).

En México se estima un consumo anual de 4.9 millones de m³ de madera para producir carbón para el consumo del sector residencial, solo un porcentaje muy bajo proviene de madera legal, en el 2014 la SEMARNAT reportó únicamente 9% del consumo residencial estimado. La mayor parte de la producción de carbón vegetal se hace con métodos tradicionales como son los hornos de tierra que dan rendimientos muy bajos, alrededor del





20%. Esta tecnología además de ser ineficiente es altamente riesgosa para la salud de los trabajadores (Fernández, 2012).

A pesar de que el sistema carbonero es importante dentro del sector forestal de nuestro país, ya que constituye una de las actividades de mayor importancia socioeconómica para las regiones marginadas, esta actividad no es económicamente muy productiva dado la baja eficiencia de los métodos de obtención y aunado a esto, la falta de regulación anula toda posibilidad de generar un producto con calidad estandarizada (Ramos, 2000).

La calidad del carbón vegetal se define según sus propiedades, todas están relacionadas entre sí, sin embargo, se evalúan y se miden por separado (Pérez, 1989). Dentro de las principales características que definen la calidad y el uso del carbón vegetal, se pueden considerar los contenidos porcentuales de: carbono fijo, material volátil, cenizas, contenido de humedad, densidad y poder calorífico (Ordaz, 2003).

En la producción de carbón vegetal la especie de madera influye debido a la concentración de componentes que la constituyen (celulosa, hemicelulosa y lignina) Algunos componentes de la madera tienen mayor o menor influencia en el desarrollo de la carbonización y en la obtención de productos de la misma, como carbono fijo, volátiles y contenido de cenizas (Marcos, 1989). La densidad de la madera es otro factor que influye en la calidad del carbón, a mayor densidad básica corresponde una mayor producción de carbón (Bravo, 1995).

Por otra parte, también existen factores externos que afectan la calidad del carbón, el sistema de producción y la distribución de la madera dentro del horno, así como la temperatura y tiempo de carbonización, son factores que influyen significativamente en la calidad (Pérez, 1989).

El objetivo de este trabajo es determinar los contenidos de humedad, volátiles, cenizas y carbono fijo de muestras de carbón vegetal de madera de mezquite y encino obtenidas de diferentes programas térmicos que indiquen qué importancia tienen estos sobre la calidad del carbón vegetal.





Materiales y métodos

Se obtuvieron de carbón de madera de mezquite y encino con diferentes programas térmicos; estos programas consisten en tres temperaturas: 300, 400 y 500°C, y tres tasas de calor: 5, 10 y 15°C por minuto, que combinados dan nueve programas térmicos con tres repeticiones cada uno, los cuales se probaron con un tiempo de reacción de 1h. El equipo y material de laboratorio utilizado fue: horno de mufla Nabertherm GmbH modelo L9/11/Sw, caja de aluminio para pirólisis, desecador de cristal, balanza analítica, tamices con malla metálica y crisoles de porcelana con tapa.

Las determinaciones realizadas se hicieron con base en la norma ASTM D 1762-84 Método estándar para análisis químico de carbón vegetal. Se determinaron los contenidos porcentuales de humedad, volátiles, cenizas y carbono fijo.

Para la preparación de la muestra, se tomó una porción de cada uno de los especímenes de carbón de encino y se molió en un mortero de cerámica, una vez molido el material se procedió a tamizar. El material para su estudio tuvo que pasar por 5 tamices de mallas diferentes (#20 ≈ 850µm, #45 ≈ 425µm, #60 ≈ 250µm, #80 ≈ 180µm y #100 ≈ 150µm), de cada una de éstas mallas se tomó el porcentaje de muestra indicado en la norma referida anteriormente estas proporciones se mezclaron para posteriormente tomar un espécimen de la mezcla de diferentes tamaños de partícula.

Para la determinación del contenido de humedad, el primer paso fue el precalentamiento de crisoles de porcelana a 750°C durante 10 minutos, después de este tiempo se pasaron a desecador para enfriar por una hora y posteriormente tomar su peso, enseguida se colocó en el mismo crisol de peso conocido 1 g de la muestra de carbón y se metió a la estufa por dos horas a 105°C ± 5°C para posteriormente enfriar en el desecador por una hora y tomar su peso, acto seguido se repitió el proceso para comprobar peso constante. El contenido de humedad se determinó con base en la siguiente fórmula:

1

$$C. \text{ Humedad, \%} = [(A-B) / A] \times 100$$

Donde:

A = gramos de muestra inicial.

B = gramos de muestra después de secado a 105°C.





Para el contenido de volátiles se partió del precalentamiento del horno mufla a 950°C, posteriormente se colocaron en los crisoles las muestras anhidras de carbón y se taparon totalmente para evitar entrada de oxígeno, se colocaron en la entrada de la mufla manteniendo la puerta abierta y quedando las muestras expuestas por dos minutos a una temperatura aproximada de 300°C, seguido, se movieron las muestras a la parte media de la mufla y se mantuvieron por tres minutos tiempo en el cual estuvieron a una temperatura de 500°C aproximadamente, finalmente las muestras fueron movidas a la parte trasera de la mufla, la cual en este momento se cerró lo que hizo que incrementara la temperatura, las muestras se dejaron en esas condiciones durante seis minutos, finalmente se movieron al desecador para su enfriamiento durante una hora, posteriormente se tomó su peso. El contenido de volátiles se determinó con base en la siguiente fórmula:

2

Donde:
$$\text{Materia volátil, \%} = [(B-C) / B] \times 100$$

C = gramos de muestra después de exposición a 950°C.

B = gramos de muestra después de secado a 105°C.

Para la determinación de cenizas se partió de la muestra libre de volátiles y humedad, primeramente, se programó el horno mufla a una temperatura de 750°C, posteriormente se metió la muestra con los crisoles ligeramente entre abiertos y se dejaron expuestos a esta temperatura durante seis horas, al término de este tiempo se movieron al desecador para enfriar y finalmente tomar su peso. El contenido de cenizas se determinó con base en la siguiente fórmula:

3

Donde:
$$\text{Cenizas, \%} = (D/B) \times 100$$

D = gramos de residuo después de exposición a 750°C por seis horas.

B = gramos de muestra después de secado a 105°C.

Para determinar el contenido de carbono fijo se parte del 100% del peso de la muestra inicial menos la diferencia respecto a la suma del contenido porcentual total de humedad, cenizas y material volátil.

4

Donde:
$$\text{Carbono fijo, \%} = 100 - (C.H. + C + V)$$

C.H. = % de humedad después de exposición a 105°C por dos horas y hasta peso constante.





C = % de cenizas después de exposición a 750°C por seis horas.

V = % de volátiles después de exposición a 300, 500 y 950°C por dos, tres y seis minutos respectivamente.

Resultados y discusión

A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias por medio del programa estadístico Statgraphics Centurion XVI®. La tabla ANOVA descompone la variabilidad de carbono fijo y de volátiles en contribuciones debidas a los factores de estudio; especie, temperatura y tasa de calor, mediante la suma de cuadrados tipo III, la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que los valores de los factores, así como las interacciones de los mismos son menores que 0.05 estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre carbono fijo y volátiles con 95.0% de nivel de confianza. Por lo tanto, los resultados de carbono fijo y de volátiles para carbón de encino y mezquite bajo los tres programas térmicos indicaron diferencias estadísticas significativas. Los resultados de contenido de humedad y cenizas se expresan como datos indicativos ya que estos resultados no dependen tanto de los programas térmicos si no de las características intrínsecas de la materia prima y/o su manejo.

El contenido de humedad (C.H.) promedio en el carbón de mezquite fue de 5% y en el de encino fue de 7%, mientras que el contenido promedio de cenizas fue de 4.9% en mezquite y 4.2% en encino.

Respecto al contenido de materia volátil, la media obtenida para el carbón de mezquite y encino derivado del proceso a temperatura de 300°C dio 31.2 y 32.6% de volátiles respectivamente, el carbón del proceso de 400°C dio 21.7 y 23.7% y el del proceso de 500°C dio 15.2 y 15.5% (Cuadro 1), a mayor temperatura menor contenido de volátiles. Se encontró que el encino tiene un contenido de volátiles más alto respecto al mezquite con una diferencia promedio de 1.28%. Se pudo observar que la temperatura es un factor importante en el contenido de volátiles, marcando una interacción clara entre las especies y las temperaturas de 300 y 400°C, no así con la temperatura de 500°C donde la diferencia en la





interacción no es significativa, lo que indica que a esta temperatura se pierden el mayor contenido de volátiles necesarios, independientemente de la especie. De acuerdo con las pruebas de rangos múltiples para volátiles, la media para la temperatura de 500°C fue de 15.4% y para 300°C fue de 31.7%. De una temperatura de 300 a 500°C, la diferencia fue de 16.3%, de 300 a 400°C la diferencia fue de 9% y de 400 a 500°C la diferencia fue de 7.3% promedio en carbón de mezquite y encino y de una tasa de calor de 5 a 15°C^{-1min} hubo diferencias de 0.8%, de 5 a 10°C^{-1min} hubo diferencias de 0.5% y de 10 a 15^{-1min} hubo una diferencia de 0.2%.

Cuadro 1. Promedio de volátiles y carbono fijo del carbón de mezquite y encino obtenido de diferentes programas térmicos.

Temperatura (°C)	Tasa (°C ^{-1min})	Volátiles (%)		Carbono fijo (%)	
		Mezquite	Encino	Mezquite	Encino
300	5	28.7	30.6	63.7	60.7
	10	31.2	32.5	59.8	59.5
	15	33.7	34.8	55.9	55.8
400	5	21.0	22.9	68.6	66.7
	10	21.2	23.1	69.1	67.9
	15	22.9	25.3	65.1	64.3
500	5	16.5	17.1	73.0	72.4
	10	15.9	16.1	78.8	78.6
	15	13.2	13.5	71.8	72.4

En el contenido de carbono fijo (Cuadro 1), todos los efectos y sus interacciones entre ellos son significativos. La media obtenida en el carbón de mezquite fue de 67.2% y en el carbón de encino fue de 66.2%, teniendo una diferencia promedio de 0.99%. El promedio de carbono fijo para una temperatura de 300°C fue de 58.9%, para la temperatura de 400°C fue de 66.9% y para la de 500°C fue de 74.4%. De una temperatura de 300 a 500°C la diferencia fue de 15.4% de 300 a 400°C la diferencia fue de 7.9% y de 400 a 500°C la diferencia fue de 7.5% en promedio. Respecto a la tasa de calor, la media para una tasa de 15°C^{-1min} fue de 64% para la de 5°C^{-1min} fue de 67.4% y para la de 10°C^{-1min} fue de 68.8%, donde de 5 a 10°C^{-1min} hay una diferencia de 1.4% promedio, de una tasa de calor de 5 a 15°C^{-1min} hay una diferencia de 3.3% y de 10 a 15^{-1min} hubo una diferencia de 4.7%. Esto nos indica que la tasa





de mayor contenido de carbono fijo es la de $10^{\circ}\text{C}^{-1\text{min}}$, siendo esta misma tasa de calor con la interacción de 500°C la de más representativa en la obtención de mayor contenido de carbono fijo. Con base en estos resultados y dado que las normas de calidad del carbón indican que a mayor contenido de carbono fijo mayor calidad en éste, se puede decir que un programa térmico que favorecería la calidad del carbón implica una temperatura de 500°C y una tasa de calor de $10^{\circ}\text{C}^{-1\text{min}}$ para carbonizar madera de mezquite (*Prosopis laevigata*) y encino (*Quercus laurina*).

Conclusiones

1. El contenido de volátiles y el contenido de carbono fijo evaluados en este trabajo para carbón de mezquite y encino con diferentes programas térmicos, están estrechamente relacionadas con el proceso térmico de obtención, siendo más evidente las diferencias en el factor temperatura y tasa de calor. 2. En el caso del contenido de volátiles se pudo observar que en el encino se encontró mayor contenido respecto al mezquite y que al incremento de la temperatura disminuyen estos, sin embargo, al aumento de la tasa de calor aumentan, lo cual no es recomendable, por lo que se propone utilizar una tasa de calor de baja a media. 3. Respecto al carbono fijo, el mezquite tuvo mayor contenido que el encino teniendo incrementos ambos a mayor temperatura con una tasa de calor media. 4. Al presentarse menor contenido de volátiles y mayor contenido de carbono fijo cuando se eleva la temperatura en el proceso de pirolisis controlado, se puede recomendar 500°C de temperatura y una tasa de calor de $10^{\circ}\text{C}^{-1\text{min}}$ en el proceso térmico para obtención de carbón de mezquite, definido estadísticamente con un 95% de confianza.

Literatura citada

Bravo, G. L. 1995. III Seminario Nacional sobre utilización de encinos Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León.





- Carrillo, P. A., P. R. Foroughbakhch y G. V. Bustamante. 2013. Calidad del carbón de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) MC Johnst. y *Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & JW Grimes elaborado en horno tipo fosa. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 4:62-71.
- Díaz, J. R. y C. O. Maser. 2004. Aprovechamiento energético de la biomasa. Congreso mundial de energía renovable. Instituto de Ecología. UNAM. 93.
- Earl, D. 1975. "Andre Mayer". Informe sobre el carbón vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 2013. Métodos simples para fabricar carbón vegetal. Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes No. 41. Roma, Italia. 154.
- Fernández, A. I. 2012. Impactos de la producción clandestina de carbón vegetal sobre los patrones espaciales de degradación forestal en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán. Tesis de maestría en Geografía. Centro de investigaciones en geografía ambiental. UNAM.
- Marcos, M. F. 1989. El Carbón Vegetal. Propiedades y Obtención Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 117.
- Ordaz, H. J. 2003. Análisis de la calidad del carbón vegetal de encino producido en horno tipo colmena brasileño en Huayacocotla, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales, México.
- Pérez, M. y G. Compean. 1989. Características físico-químicas y de producción en carbón de tres tipos de leñas de Durango. INIFAP-Durango. Memorias de la Primera Reunión Nacional Sobre Dendroenergía. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México.
- Ramos, M. M. M., G. G. Montoya y S. M. A. Vázquez. 2000. Producción y comercialización de carbón vegetal en la microrregión Teopisca- San Cristóbal, Región altos de Chiapas. Geografía Agrícola 52-71.
- Serrano, M. M., C. T. Arias, A. Ghilardi y O. Maser. 2014. Spatial and temporal projection of fuelwood and charcoal consumption in Mexico. Energy for Sustainable Development 19:39-46.





EVALUACIÓN DE INJERTOS EN *Cedrela odorata* L DE ÁRBOLES SELECCIONADOS EN ÁREAS NATURALES

Edgar Hernández Máximo²³³

Resumen

Entre las actividades del mejoramiento genético forestal la propagación vegetativa se utiliza principalmente para el establecimiento huertos semilleros clonales, en los cuales se establecen genotipos probados y con características deseables, para la producción de semilla mejorada o certificada para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. En el presente trabajo se evaluó el prendimiento y brotación de injertos de yema de cedro rojo, en genotipos seleccionados en diferentes procedencias para el establecimiento de un huerto semillero clonal de cedro rojo. Para la propagación vegetativa se utilizó el injerto de yema, para ello fue necesario contar con planta patrón de seis meses de edad y yemas de árboles seleccionados, se realizaron 30 injertos por árbol seleccionado en el mes de marzo y abril. La evaluación consistió en el conteo del prendimiento de injertos después del destape, posteriormente se realizó el recorte apical del patrón para activar el desarrollo de la yema y hacer la evaluación de la brotación de injertos. Los resultados muestran que hubo un alto porcentaje en el prendimiento de los injertos superiores al 90%, con respecto al brotación las procedencias que mostraron un mayor número de brotes fueron Uxpanapa y Acayucan con 60 y 44 brotes respectivamente.

Palabras clave: injertos, brotación, huertos semilleros, propagación vegetativa

Introducción

La reproducción sexual o por semilla es el método más utilizado para las especies forestales, sin embargo, cuando se busca conservar características de un genotipo deseado esta forma

²³³ Campo Experimental El Palmar. INIFAP. *hernandez.edgar@inifap.gob.mx





de reproducción no es la más adecuada (Işgen *et al.*, 2006; Owens *et al.*, 2008; Beck, 2012). Es más conveniente utilizar la propagación vegetativa, ya que permite capturar y transferir al nuevo árbol todo el potencial genético, asegurando una copia idéntica del árbol progenitor (Ikegami *et al.*, 2012; Aparicio *et al.*, 2014).

La propagación vegetativa o clonación, se define como la reproducción asexual en la que un árbol es multiplicado a partir de su raíz, tallo, hojas o ramas, originando nuevas plantas genéticamente iguales a la planta madre o donante, esto se logra principalmente a través de técnicas de injertado, enraizamiento de estacas, acodos y cultivos de tejidos (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997; Mudge y Brennan 1999; Rojas *et al.*, 2004; Amri 2002; Amri y Friedrichs 2006; Simón *et al.*, 2008; Amri 2009; Amri 2010; Aparicio *et al.*, 2014). El injerto es un método de propagación vegetativa que permite combinar las características deseables de dos o más plantas en una sola (Cárdenas *et al.*, 2010; Vacek *et al.*, 2012). Tener dos genotipos en una sola planta puede ser una ventaja, ya que se puede utilizar un portainjerto resistente a problemas edáficos y sobre éste el injerto de un genotipo productivo (Márquez *et al.*, 2007; Venturini y López 2010). Sin embargo, para decidir cuál es el mejor método es necesario llevar a cabo estudios comparativos bajo condiciones similares controladas (Zobel y Talbert, 1988).

De acuerdo Zobel y Talbert (1988) la utilidad de la propagación vegetativa en el desarrollo de material genético mejorado se puede expresar en dos áreas diferentes. En investigación, reduce la variabilidad genética al permitir disponer de material homogéneo para ensayos y experimentos, lo que hace disminuir la variación residual en las pruebas estadísticas; también preservar genotipos y combinaciones de genes en bancos clonales o arboretos para propósitos científicos. Por otra parte, en el área operacional o productiva, permite el desarrollo de huertos semilleros o bancos clonales para producción de semillas o propágulos a gran escala.

En México los estudios sobre programas de mejoramiento genético en especies forestales tropicales iniciaron hace aproximadamente 30 años por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el que se establecieron en el trópico ensayos de procedencias-progenies de cedro rojo para evaluar la tolerancia del barrenador *Hypsipyla grandella*. El uso de la propagación vegetativa en programas de mejoramiento de cedro rojo se considera prácticamente nuevo se ha empleado para





propagar genotipos seleccionados mediante la técnica de injerto para el establecimiento de bancos clonales. Sin embargo, debido a la poca información existente sobre propagación vegetativa, en el presente trabajo se planteó evaluar el prendimiento y brotación de injertos de yema de cedro rojo en genotipos seleccionados en diferentes procedencias para el establecimiento de un huerto semillero clonal de cedro rojo en el estado de Veracruz.

Materiales y métodos

Selección de árboles de cedro rojo

La selección de los árboles se realizó en el año 2017, se seleccionaron un total de 60 árboles distribuidos en los estados de Sur de Veracruz y Noreste de Oaxaca, se realizó una selección visual o fenotípica considerando principalmente a los árboles más altos, libre de plaga y enfermedades y con buena forma del fuste. Para cada árbol seleccionado se elaboró una ficha técnica en la que se registraron variables dasométricas (altura total, diámetro a 1.30 m, altura del fuste limpio) y variables cualitativas (rectitud de fuste, bifurcaciones, inserción de ramas, número de ramas, forma y vigor de copa y plagas y enfermedades). Posteriormente a cada árbol seleccionado se georreferenció y se marcó con pintura de aerosol color naranja asignándole una clave.

Colecta y transporte de varetas-porta yemas

La colecta se realizó a mediados del mes de marzo y a principio del mes de abril del presente año. Para cada árbol seleccionado se obtuvieron alrededor de 30 yemas, las cuales se colectaron de ramas jóvenes ubicadas en la parte más alta del árbol. Para cortar las varetas fue necesario que una persona entrenada en escalar árboles subiera hasta la copa y recolectara porciones de ramas de las cuales se obtuvieron varetas con yemas laterales de aproximadamente 30 a 50 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de diámetro. Posteriormente se hizo el recorte de las hojas evitando dañar las yemas. Una vez cortadas las varetas se hicieron rollos las cuales se envolvieron con papel para film y plástico estas se colocaron en recipientes con agua con aproximadamente 10 cm y se cubrieron con malla sombra con la finalidad de proteger las yemas de los rayos del sol y evitar su deshidratación. La identificación se realizó con un marcador de aceite anotando la clave del árbol a la que





pertenecen. El transporte de las varetas se realizó vía terrestre hasta el vivero forestal del Campo Experimental El Palmar donde se llevó a cabo el injerto.

Producción de injertos

Se realizaron injertos de yema o chapado lateral en el mes de marzo y abril, para ello se utilizaron plantas producidas por semilla llamadas patrones de seis meses de edad con alturas de aproximadamente 60 cm y diámetros de 2 a 2.5 cm, durante la injertación las varetas y los patrones, se desinfectaron con 2.5 g de benomilo/L de agua. Con la navaja para injertar se realizaron cortes en la base de la planta patrón de aproximadamente 5 cm de largo por 1 cm de ancho formando una ventana en el que se insertaron las yemas colectadas de los árboles seleccionados, posteriormente los injertos se cubrieron con una venda de plástico, para evitar el flujo de aire y la humedad del exterior al interior del injerto para evaluar el prendimiento y la brotación de los mismos (Figura 1).

Evaluación de injertos

Se realizó la evaluación del prendimiento y brotación de injertos. El prendimiento se evaluó en el momento en que se realizó el destape o la eliminación de las vendas de plástico de los injertos para ello fue necesario hacer una revisión minuciosa de cada uno de los injertos, si las placas presentaban un color verde se registraba que el prendimiento fue exitoso, en algunos casos fue necesario hacer una pequeña incisión de las placas. Posteriormente 15 días después de haber realizado el destape se llevó a cabo el recorte apical de la planta patrón para activar el desarrollo de la yema y hacer la evaluación de brotación, se realizaron evaluaciones periódicas por un periodo de 30 días. Los datos se registraron en formatos de campo.

Resultados y discusión

El porcentaje del prendimiento de los injertos de cedro rojo fue exitoso debido a que se obtuvieron resultados superiores al 90% en la mayoría de los injertos evaluados, solo en seis genotipos se presentó un prendimiento inferior los cuales fueron: Genotipo 55 con el 67% de prendimiento, Genotipo 31 con el 77% los Genotipos 40, 48 y 50 obtuvieron el 80% y el Genotipo 76 obtuvo 87% de prendimiento. Los resultados obtenidos en el presente trabajo





son similares a los reportados por Juárez (2013), ya que en su trabajo obtuvo prendimientos superiores al 90% en injertos de cuña en cedro rojo, menciona que el éxito del prendimiento pudo deberse a la fecha en que se realizaron los injertos, ya que en la literatura sugieren que la mejor época del año para realizar la injertación en climas tropicales es en los meses de marzo a abril, justo antes de que surjan los nuevos brotes. Sin embargo, es necesario mencionar que durante la etapa de brotación de los injertos se presentan muchos factores como por ejemplo el manejo en el vivero, el manejo de las varetas durante el traslado hacia el vivero y la experiencia del injertador que pueden influir en el desarrollo de los brotes. Para el caso de la brotación de yemas en las dos primeras fechas de evaluación los genotipos procedentes de Acayucan presentaron un mayor número de brotes, sin embargo estos resultados cambiaron a partir de la tercera evaluación en donde los genotipos de Uxpanapa registraron una mayor presencia de brotes, esta tendencia se mantuvo hasta en la última fecha de evaluación que fue el 10 de julio de 2018 donde se obtuvo un registro de 60 brotes para la procedencia Uxpanapa seguido de Acayucan con 44 brotes, las procedencia San Andrés Tuxtla y Tezonapa registraron el menor número de brotes durante la etapa de evaluación (Figura 2).

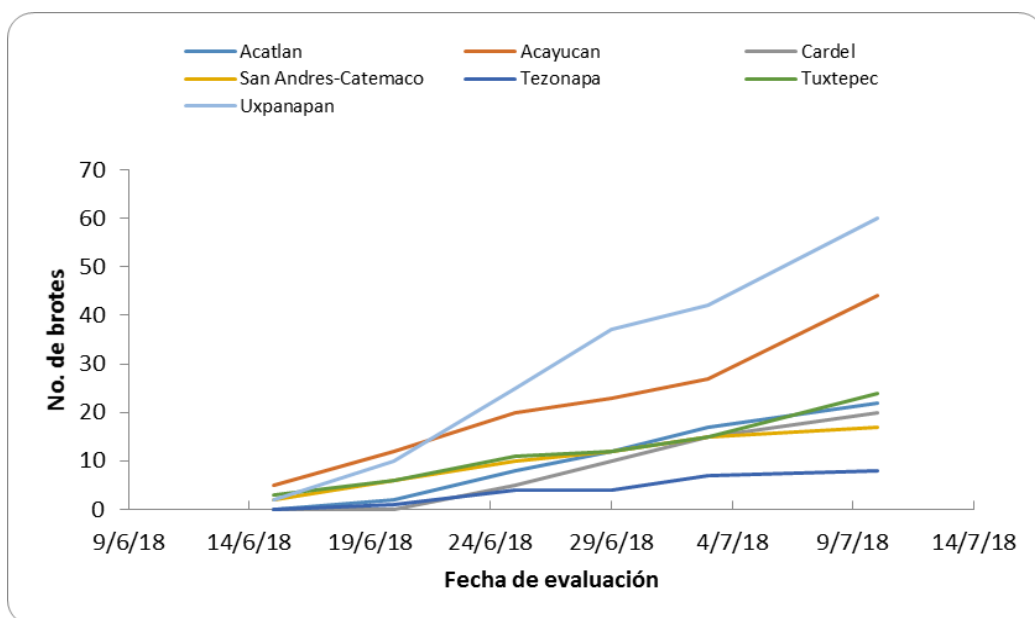


Figura 2. Numero de brotes en injertos de cedro rojo por procedencia en el C. E. El Palmar.

En un estudio realizado en el Campo Experimental El Palmar por Santiago (2012), donde evaluó la brotación de injertos de yema de cedro rojo en patrones producidos en diferentes





sustratos encontró que en la combinación de 75% de cachaza de caña y 25% de cascabillo de café obtuvo los mejores diámetros de la planta patrón, así como el mayor porcentaje de brotación de injertos un 85%, las yemas utilizadas para los injertos fueron colectados de un banco clonal. Estos resultados difieren a lo encontrado en el presente trabajo debido a que las metodologías utilizadas fueron diferentes y el material vegetal utilizado en este trabajo se obtuvo de árboles adultos en bosques naturales.

Conclusiones

1. Se considera que este método de propagación en cedro rojo es adecuado para la producción de injertos, debido a que en trabajos anteriores utilizando esta misma técnica se han obtenido resultados favorables de hasta un 90% de injertos brotados, sin embargo, en este trabajo se sugiere programar más fechas de evaluación de brotación para obtener resultados favorables.

Literatura citada

- Amri E. 2002. Vegetative Propagation studies of selected threatened economically important species *Swartzia madagascariensis* and *Prunus Africana*. M. Sc. Thesis, University of Dar-es-Salaam, Tanzania.
- Amri E. 2009. Investigation on the propagation potential of *Dalbergia melanoxylon* Guill. And Perr. Provenances and their genetic diversity from selected areas of Tanzania. Ph.D. Thesis, University of Dar-es-Salaam, Tanzania.
- Amri E. 2010. Viable Options and Factors in Consideration for Low Cost Vegetative Propagation of Tropical Trees. *International Journal of Botany* 6:187-193
- Amri E. y J. Friedrichs, 2006. Propagation of African blackwood (*Dalbergia melanoxylon*) by stem cuttings and seasonal variation in rooting ability. *Proceedings of COSTECH 1st National Scientific and Technological Conference*, May 24-26, Dar-es-Salaam, Tanzania, p:45-58.





- Aparicio R., A., S. F. Juárez C., y L. R. Sánchez V. 2014. Propagación por enraizamiento de estacas y conservación de árboles plus extintos de *Pinus patula* procedentes del norte de Veracruz, México. *Madera y Bosques* 20:85-96.
- Beck, S. L. 2012. Identification of pre-zygotic reproductive and morphological barriers limiting controlled crossed seed production of triploid *Acacia mearnsii*. *South African Journal of Botany* 79:51-61.
- Cárdenas H., J. F., J. G. Álvarez H., E. Barragán Q., y C. M. Rivera. 2010. Efecto del ácido giberélico y la 6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agronomía Colombiana* 28:19-27.
- Ikegami, M., D. F. Whigham, and M. J. A. Werger. 2012. Effects of local density of clonal plants on their sexual and vegetative propagation strategies in a lattice structure model. *Ecological Modelling* 234:51-59.
- İçgen, Y., Z. Kaya, B. C. Cengel, E. Velioglu, H. Östürk, and S. Önde. 2006. Potential impact of forest management and tree improvement on genetic diversity of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in Turkey. *Forest Ecology and Management* 225:328-336.
- Juárez, G. J. 2013. Rejuvenecimiento de cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), mediante microinjertación e injertación. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yucatán, Mexico. 67 p.
- Márquez C., J. A., G. Martínez D., y H. Núñez M. 2007. Portainjertos, fertilidad de yemas y producción de variedades de uva de mesa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30(1):89-95.
- Mudge, K. W. y E.B. Brennan, 1999. Clonal Propagation of Multipurpose and Fruit Trees used in Agroforestry. In: *Agroforestry in Sustainable Agriculture Systems*, Buck, L.E., J.P. Lassoie and E. C. M. Fernandes (eds.). CRC Press, New York, USA.
- Owens, J. N., T. Kittirat, y M. F. Mahalovich. 2008. Whitebark pine (*Pinus albicaulis* Engelm.) seed production in natural stands. *Forest Ecology and Management* 255:803-809.
- Rojas, G. S., J. García L. y M. Alarcón R. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá Colombia. 56 p.
- Santiago, B.F. 2012. Evaluación de la producción de planta patrón para injertos de cedro rojo. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de El Salto Durango, México. 60 p.





- Simón A. Mng'omba, Festus K. Akinnifesi, Gudeta Sileshi, Oluyede C. Ajayi, Sebastian Chakeredza y Weston F. Mwase. 2008. A decision support tool for propagating Miombo indigenous fruit trees of southern Africa. *African Journal of Biotechnology* 7:4677-4686.
- Vacek, S., P. Hejcmanova, y M. Hejcman. 2012. Vegetative reproduction of *Picea abies* by artificial layering at the ecotone of the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mountains, Czech Republic. *Forest Ecology and Management* 263:199-207.
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco-Segovia, M. Rojas, M. E. Sánchez-Coronado y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. La ciencia para todos. Fondo de Cultura económica. México, D. F. 170 p.
- Venturini, M., y C. López. 2010. Propagación de árboles selectos por injertos de púas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Quebracho* 18(1-2):101105.
- Zobel, B. y J. Talbert, 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. 545 p.





CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE *Hevea brasiliensis* MUELL. ARG., EN VERACRUZ, MÉXICO

Carlos Rutilio Monroy Rivera^{234*}, José Amador Honorato Salazar²³⁵, Olga Santiago Trinidad²³⁴ y Edgar Hernández Máximo²³⁴

Resumen

La utilización eficiente de las especies tropicales depende en parte de un mejor conocimiento de las propiedades de su madera. En este estudio se evaluaron y caracterizaron las propiedades físicas y mecánicas del clon de hule IAN-710 proveniente de plantaciones comerciales de diferentes edades para la producción de látex de los municipios de Tezonapa y Uxpanapa, Veracruz. Los ensayos mecánicos fueron: 1) Módulo de elasticidad, 2) Resistencia a la flexión, 3) Resistencia a la compresión paralela a las fibras, 4) Compresión perpendicular a las fibras y 5) Dureza Janka. Los valores promedio de resistencia, para flexión estática, compresión paralela, perpendicular a la fibra y dureza Janka, al 12% de contenido de humedad mostraron diferencia significativa entre las diferentes edades y entre localidades. Se recomiendan varios usos para la madera de hule desde madera para construcciones ligeras hasta pisos de madera.

Palabras clave: *Hevea brasiliensis*, clon de hule IAN-710, propiedades mecánicas, ASTM

Introducción

Las plantaciones forestales de Hule (*Hevea brasiliensis*) en el mundo cubrieron 9.8 millones de hectáreas en el año 2000, con un 90% de su distribución en Asia. En México existen aproximadamente 33,573 ha de plantaciones de *Hevea*, principalmente en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas. En Veracruz, en 2012, se reporta un total de 16,575

²³⁴ Campo Experimental El Palmar. INIFAP. *monroy.carlos@inifap.gob.mx

²³⁵ Campo Experimental San Martinito. INIFAP.





ha, que incluye plantaciones en desarrollo y en producción de látex. Los municipios más importantes son Acayucan, Las Choapas, Playa Vicente, Tezonapa y Uxpanapa (Aguirre y Santoyo, 2013).

La producción de látex fue inicialmente el principal objetivo de las plantaciones de hule. Aun cuando el árbol de hule en México está representado por plantaciones con mezcla de clones (policlonales) procedentes de Asia, Brasil y Guatemala, la serie IAN de origen brasileño, ocupa el primer lugar en abundancia como plantaciones uniclonales en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas. La madera del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*) como cualquier madera es un material lignocelulósico, de naturaleza heterogénea y ortotrópico en estructura.

El eje longitudinal se ubica en la dirección de la fibra o grano, el corte radial es paralelo a las fibras, el eje radial es perpendicular al grano en la dirección radial y el eje tangencial es perpendicular al grano y tangente a los anillos o bandas de crecimiento. Las propiedades mecánicas varían también a lo largo del árbol, entre árboles, entre localidades y además entre diferentes condiciones de crecimiento. Por lo cual es necesario un muestreo representativo y con suficiente número de probetas para obtener los cálculos estadísticos. Tales variaciones son atribuibles a la alineación y distribución de fibras y contenido de otros materiales dentro de la madera como la resina y látex que caracterizan a la misma como un material heterogéneo.

El objetivo del presente estudio fue contribuir a la caracterización de algunas propiedades mecánicas de la madera del clon de hule IAN-710, de Tezonapa y Uxpanapa, Veracruz, como base para determinar los principales usos industriales de la madera, una vez que las plantaciones comerciales han cumplido su función en la producción de hule natural.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos localidades del estado de Veracruz. La primera corresponde a plantaciones comerciales del clon de hule IAN-710 ubicadas en el Valle de Tezonapa, Veracruz. Particularmente en terrenos del Campo El Palmar, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el km 16 carretera Tezonapa-





El Palmar Grande, municipio de Tezonapa. La altitud es de 180 m. La segunda localidad se encuentra en el Ejido Monterrey, municipio de Uxpanapa, Veracruz, a una altitud de 120 m. Para la primera localidad el clima es cálido húmedo, con precipitación pluvial anual de 2885 mm. La temperatura media es de 24.4°C con 16.1°C y 35.45°C como mínima y máxima, respectivamente. La fisiografía es de terrenos planos y lomeríos con pendientes de 5 a 29%. Los suelos son acrisoles y vertisoles, profundos y de buen drenaje natural con textura migajón arcillo-arenosa y pH de 4.8 a 6.1. Para la segunda localidad se presenta clima cálido húmedo, precipitación de 3800 mm anuales. La temperatura media anual es de 24°C con 18°C y 28°C como mínima y máxima, respectivamente. Los suelos son acrisoles órticos, profundos con textura arcillosa y pH de 4.3 a 5.5.

Muestreo y selección de árboles

La colecta fue al azar, se seleccionaron tres árboles sanos por edad de plantación, de fuste recto, por localidad de estudio y dentro de tres parcelas de evaluación de 600 m² (de 30 x 20 m). La localidad de Tezonapa incluyó las edades ocho, 14 y 31 años. La edad de ocho años solo se representó por dos árboles muestra. La localidad de Uxpanapa incluyó las edades de 14, 16, 19 y 23 años.

Para las pruebas mecánicas se procedió al secado del material, las piezas se dimensionaron a una longitud uniforme de 2.55 m y 1.25 m, largas y cortas dimensiones, respectivamente. Se formaron pilas al aire libre, con protección de la lluvia y de los rayos directos del sol. Cada pila para el secado se mantuvo así por un período de cuatro a cinco meses aproximadamente, con contenidos de humedad finales de 15 a 20%.

Preparación de las probetas

Las piezas utilizadas para la elaboración de las probetas, se cortaron inicialmente en tablones de 6 cm de espesor, para posteriormente cortar los tablones en piezas rectangulares de sección cuadrada de 5.08 cm (2 pulgadas) de lado.

El proceso de aserrado de madera se realizó de acuerdo con la secuela siguiente: cada pieza de madera de las trozas de los árboles seleccionados fue numerada del número 1 en adelante, de un extremo al opuesto de la troza, esto fue para la obtención de las probetas. Cada pieza se numeró en forma progresiva indicando la edad, el número de árbol, el número





de troza o rama, la sección correspondiente (1.....8), según el caso y el tipo de ensayo. Las probetas fueron previamente acondicionadas, a una humedad relativa del aire de 65% y una temperatura de 22°C, hasta alcanzar un contenido de humedad de 12 a 14% aproximadamente de acuerdo a la norma ASTM D143 94. Las propiedades mecánicas y las dimensiones de las probetas se realizaron de acuerdo a la norma americana ASTM D143 94. En relación con el Procedimiento de las propiedades mecánicas, los ensayos mecánicos se realizaron en condición de 12% de contenido de humedad, de acuerdo a lo establecido en la Norma ASTM D 143 (1994).

Los ensayos se realizaron en una maquina universal de pruebas marca Baldwin 60-HVL, con 25 t de capacidad, calibrada por laboratorios de metrología de México (Laboratorio de Investigación y Certificación-Instituto de Ecología, A. C). El registro de la carga y deformación en los ensayos de flexión estática, compresión perpendicular, compresión paralela al grano y dureza janka, se realizaron a través del graficador de la maquina universal.

Resistencia a la flexión estática

Es el resultado de aplicar una carga constante y creciente en el centro del claro de la probeta, que descansa sobre cada apoyo de sus extremos a una distancia de una pulgada, hasta llevarla a su límite de proporcionalidad y posteriormente a la ruptura. Este tipo de esfuerzos se mide como se indica en la siguiente fórmula. Módulo de elasticidad a la flexión estática (MOE): Es la deformación que presentan los materiales al aplicar una fuerza y regresar a su tamaño y forma original al cesar la carga aplicada.

$$RF = \frac{3 \cdot C_{max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$MOE = \frac{CLP \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot DLP}$$

Donde:

RF: resistencia a la flexión (Mpa); MOE: módulo de elasticidad a la flexión estática (Mpa); Cmax: carga máxima (N/mm²); L: claro de la probeta de 711 mm (distancia entre apoyos); b: ancho promedio de la probeta (mm); d: espesor de la probeta (mm); CLP: carga en el límite de proporcionalidad (N/mm²); DLP: deformación en el límite de proporcionalidad (mm).





Resistencia a la compresión paralela a la fibra (RCPF)

Es la fuerza máxima que soporta un espécimen al someterlo a una carga paralela a las fibras. La RCPF se calculó de la siguiente forma:

$$RCPF = \frac{C_{max}}{b \cdot d}$$

$$MOE = \frac{C_{lp}}{b \cdot d}$$

Donde:

C_{max} : carga máxima (Mpa); MOE: módulo de elasticidad a la compresión paralela (Mpa); b: ancho de la probeta (mm); d: espesor de la probeta (mm); C_{lp} : carga al límite proporcional (Mpa); l: longitud de medición en la probeta (150 mm)

Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra (RCPpF)

Es la fuerza máxima que soporta un espécimen al someterla a una carga en forma perpendicular a las fibras. Se calculó con la siguiente expresión:

$$RCPpF = \frac{C_{max}}{b \cdot d}$$

Donde:

C_{max} : carga máxima (Mpa); b: ancho de la probeta (mm); d: espesor de la probeta (mm).

Dureza Janka

Se define como la resistencia a la indentación; es la carga necesaria para penetrar una esfera de acero de 11.28 mm (0.4444 pulgadas) en la mitad de su diámetro sobre el área de la probeta, ya sea en sus planos transversales, tangenciales o radiales. La forma de calcular su valor es utilizando la siguiente expresión

$$DJ = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

Donde:

D_J : Dureza Janka (Mpa); C_1 : carga en la primera cara (radial, tangencial o longitudinal) (Mpa); C_2 : carga en la segunda cara (radial, tangencial o transversal) (Mpa).





Los datos básicos de las mediciones de las probetas para las propiedades físicas y mecánicas fueron procesados con el procedimiento GLM (SAS, versión 8.1) y prueba de Duncan, para la obtención de los análisis de varianza y pruebas estadísticas correspondientes.

Resultados y discusión

Propiedades mecánicas

Los valores resultantes de las propiedades mecánicas para las diferentes edades de plantación de las dos localidades en estudio, mostraron que a los 31 años de edad se ubican valores más altos en condición al 12% de contenido de humedad (Cuadro 1).

Resistencia a flexión estática y módulo de elasticidad

El valor de resistencia a flexión estática para las siete edades de las dos localidades de estudio (Tezonapa: ocho, 14 y 31 años; Uxpanapa: 14, 16, 19 y 23 años) fue de 66.44 Mpa, valor ligeramente superior al reportado por Lee, *et al.* (1982), Killmann y Hong (2000) para *Hevea brasiliensis*, de 66 Mpa. En Latinoamérica, Santana *et al.* (2001), determinaron al 12% de contenido de humedad, un valor de resistencia a flexión de 96.9, 87.5 y 81.5 Mpa, para los clones de hule IAN-873, GT-711 y AV-1301, respectivamente.

La prueba de comparación múltiple de medias indicó que se presenta diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el MOE en flexión de ocho y 14 años, no así de 14 a 31 años de edad de la localidad Tezonapa; También hubo diferencia significativa entre el MOE de 14 y 16 años; y entre los 19 y 23 años de la localidad de Uxpanapa, sin diferencia entre los 16 y 19 años de edad para la misma localidad (Cuadro 1).

De acuerdo a Mohd *et al.* (1998) en Malasia, reportaron valores de MOE en 9149.9 Mpa a los 10 años y 10422.4 Mpa a los 22 años para el clon RRIM-600. Mientras que, en el sur de Kerala, India, reportaron en un estudio de propiedades mecánicas de plantaciones de 35 años de edad, que el valor del MOE fue más elevado, que el reportado en la literatura para plantaciones juveniles de *Hevea brasiliensis*.





Resistencia a la compresión paralela y módulo de elasticidad

De manera análoga, los valores de los parámetros de compresión paralela para la localidad Uxpanapa, también se señalan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados de las propiedades mecánicas de siete edades del clon del hule (*Hevea brasiliensis*) IAN - 710 en dos localidades de Veracruz, México.

Localidad	Edad (años)	R. Flexión (Mpa)	MOE (Mpa)	R. Comp.Par. (Mpa)	MOE (Mpa)	R. Comp. Per. (Mpa)	Dureza Janka (Mpa)	
							Tg.	Ext.
Tezonapa	8	54.9 (a)	6984.9 (a)	30.3 (a)	7662.1 (c)	5.74 (a)	30.3 (a)	50.2 (a)
	14	69.4 (b)	10877.2 (b)	36.7 (b)	11611.5 (a)	5.78 (b)	36.2 (b)	55.7 (b)
	31	86.5 (c)	11163.2 (b)	38.9 (b)	12001.8 (b)	6.21 (c)	42.3 (c)	59.3 (c)
Uxpanapa	14	58.9 (a)	8036.7 (a)	28.3 (a)	7816.1 (c)	4.89 (a)	29.1 (a)	46.2 (a)
	16	59.7 (a)	8147.5 (a)	32.2 (b)	9327.1 (b)	5.13 (b)	34.7 (b)	49.4 (b)
	19	66.7 (b)	8708.7 (b)	33.0 (b)	9986.8 (b)	5.64 (c)	35.3 (b)	49.9 (b)
	23	69.0 (c)	9648.6 (c)	38.4 (c)	10229.8 (c)	5.85 (d)	36.8 (b)	53.9 (c)

R. Flexión: Resistencia a la flexión; MOE: Módulo de elasticidad a la flexión; R. Compresión Par.: Resistencia a la compresión paralela a la fibra; MOE: Módulo de elasticidad a la compresión paralela a la fibra; R. Comp. Per.: Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra. Dureza Janka: Tg: tangencial; Ext: extremos. Mpa: Megapascal. Valores con la misma letra indican que no existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

El valor promedio de resistencia a compresión paralela para las siete edades de las dos localidades de estudio (Tezonapa: ocho, 14 y 31 años; Uxpanapa: 14, 16, 19 y 23 años) fue de 33.75 Mpa, valor superior al reportado por Lee, *et al.* (1982) para *Hevea brasiliensis*, que fue de 32 Mpa, y al reportado por el MTC (2002) con valor de 32.3 Mpa. Mohd *et al.* (1998) reportó un valor de 33.26 Mpa en un estudio de propiedades mecánicas de madera del clon PB-260 del género *Hevea* en Malasia.

Todos los valores del presente estudio, son menores y/o mayores al rango reportado para las áreas de plantación de *Hevea* en el territorio de Malasia (32–32.3 Mpa) (Lee, *et al.*, 1982).

Resistencia a la compresión perpendicular y dureza Janka

Los valores estimados de las propiedades de compresión perpendicular para las diferentes edades de plantación de las dos localidades en estudio, mostraron que a los 31 años de edad se registraron los valores más altos al 12% de contenido de humedad (Cuadro 1). El valor de resistencia a compresión perpendicular para las siete edades de las dos localidades de estudio (Tezonapa: ocho, 14 y 31 años; Uxpanapa: 14, 16, 19 y 23 años) fue de 5.60 Mpa,





valor superior al reportado por Lee, *et al.* (1982) para *Hevea brasiliensis*, que fue de 5.0 Mpa, y al reportado por el MTC (2002) con valor de 4.69 Mpa.

Todos los valores registrados son menores a 5 Mpa, reportado para las áreas de plantación de *Hevea* en el territorio de Malasia (Lee, *et al.*, 1982). La prueba de comparación múltiple de medias indicó que se presenta diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la resistencia a compresión perpendicular de ocho, 14 y 23 años de la localidad Tezonapa; así mismo entre los 14, 16, 19 y 23 años de la localidad de Uxpanapa (Cuadro 1). Kollmann y Côte (1968) señalan que la resistencia de la madera en compresión perpendicular a la fibra es aplicable en estructuras de madera y en durmientes de líneas férreas.

Dureza Janka

El valor de dureza Janka en la cara lateral para las siete edades de las dos localidades de estudio (Tezonapa: ocho, 14 y 31 años; Uxpanapa: 14, 16, 19 y 23 años) fue de 35.0 Mpa, inferior al reportado por el International Trade Centre (ITC, 2004) con valor de 48.5 Mpa. Todos los valores registrados en este estudio, son menores al rango (44.2–48.5 Mpa), reportado para las áreas de plantación de *Hevea* en el territorio de Malasia y en Brasil (ITC, 2004; CADEFOR, 2002). A los 31 años de edad de la especie *H. brasiliensis* de la localidad de Tezonapa, se registró el valor más alto en 42.3 Mpa a la dureza janka. Los resultados de esta prueba de resistencia a la dureza Janka tiene su aplicación cuando la madera se desea destinar a la elaboración de pisos, piezas de soporte, mazos de madera (Honorato y Fuentes, 2001). La prueba de comparación múltiple de medias indicó que se presenta diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la dureza Janka lateral de ocho, 14, y 31 años de edad de la localidad Tezonapa; en la localidad Uxpanapa, se presentó diferencia significativa de los 14 a los 16 años. Entre los 16, 19 y 23 años no se presentó diferencia significativa en los valores de dureza (Cuadro 1). A este respecto, Mohd *et al.* (1998) reportaron en Malasia, valores de dureza Janka de 41.87 Mpa a los 14 años en el clon de hule PB-260 y 47.31 Mpa a los 24 años para el clon RRIM-600.

Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el clon de hule PB-260 entre los 3, 8, y 14 años; así como entre los ocho y 24 años de edad para el clon RRIM-600. En general las propiedades mecánicas en las localidades estudiadas, presentaron resultados con un patrón de variación progresivo de los ocho a los 31 años de edad (Tezonapa) y de 14 a 23 años





(Uxpanapa). Este patrón de variación podría ser la base para identificar con mayor precisión los posibles usos potenciales de la madera de *Hevea brasiliensis*, desde árboles jóvenes hasta adultos, cuando las condiciones del mercado así lo demanden.

Una comparación de los resultados de propiedades mecánicas de la madera del género *Hevea* reportadas por diversos autores en el continente asiático y este estudio se ilustra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de propiedades mecánicas de madera del género *Hevea* reportadas por diversos autores en el continente asiático y este estudio.

Especie (%CH)	Flexion (Mpa)		Compresion paralela (Mpa)	Compresion perpendicular (Mpa)	Fuente
	MOR	MOE			
IAN-710 12.0	66	9081	34.0	5.60	Este estudio
Hevea	66	9240	32.0	5.00	Lee et al. (1982)
Hevea	66	9200	32.3	4.69	MTC (2002)
Hevea	66	9240	32.0	4.69	ATI (2004)
Hevea 12.0	66	9700			FRIM (2001)
Hevea 15.0	66	9240	32.0	5.00	Killmann y Hong (2000)

Una comparación de las principales propiedades de resistencia mecánica de *Hevea brasiliensis*, con especies forestales comerciales afines (Cuadro 3), indica que se trata de una madera capaz de substituir a especies de alta demanda comercial y mayores precios de compra.

Los resultados de las propiedades mecánicas del clon de hule IAN-710, comparadas con maderas regionales como pino colorado (*Pinus patula*) presentan valores de Dureza Janka (35.27 y 38.9 Mpa, respectivamente), resistencia a flexión, compresión perpendicular y paralela, relativamente cercanos al promedio encontrados en el clon IAN-710, permiten pensar en la aplicación de la madera en diversos productos del mercado. Tales especies son usadas en la construcción ligera, muebles, pisos, artículos domésticos decorativos, mangos de herramientas y tableros de madera. También puede substituir a especies tropicales como la primavera (*Tabebuia donellsmithii*) y cedro rojo (*Cedrela odorata*) de uso común en la fabricación de muebles, las cuales presentan una baja abundancia en las áreas de distribución natural de la región tropical húmeda del centro y sur de Veracruz.





Cuadro 3. Resultados de propiedades mecánicas de la madera (12% C. H.) DE *Hevea brasiliensis* y algunas especies de uso comercial en México.

Especie	Flexión estática (Mpa)		Compresión paralela a la fibra (Mpa)	Compresión perpendicular (Mpa)	Dureza Janka	Fuente
	MOR	MOE				
Arbol del hule (<i>Hevea brasiliensis</i> Mull. Arg.)	66.4	9081	34.0	5.6	35.27	Este estudio
Primavera (<i>Tabebuia donell smithii</i> Rose)		7200				Rechy et al. (2004)
Cedro Rojo (<i>Cedrela odorata</i> L.)		8800				
Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> King)		10100				
Pino de durango (<i>Pinus duranguensis</i> Mart.)		11400	49.00			Von Roth y Rechy (1986)
Pino silvestre (<i>Pinus sylvestris</i>)	100	12000	55.00			Rechy (2004)
Pino colorado (<i>Pinus patula</i> Schl. Et. Cham.)	96.5	12800	44.80	5.9	38.9	Davalos et al. (2004)

De acuerdo con las especificaciones de Echenique y Plumptre (1994) y a los resultados obtenidos en la presente investigación, la madera del clon de hule (*Hevea brasiliensis*) IAN-710, presenta propiedades mecánicas con valores bajos a la resistencia a flexión estática; un módulo de elasticidad en flexión estática clasificado de bajo a medio; un valor bajo de resistencia a la compresión paralela a la fibra; un esfuerzo bajo de resistencia perpendicular al grano y dureza Janka lateral y transversal medias.

Conclusiones

1. La madera del clon de hule (*Hevea brasiliensis*) IAN-710, presenta valores bajos a los esfuerzos de flexión estática; el módulo de elasticidad se clasificó de bajo a medio; el esfuerzo a Carga máxima en compresión paralela a la fibra fue bajo, el esfuerzo a la resistencia perpendicular al grano también se clasificó bajo y la dureza Janka en sus planos lateral y transversal se clasificó media. 2. La madera de *Hevea brasiliensis* Muell., por sus propiedades mecánicas presentadas, se recomienda usarse en duela, lambrín, durmientes, cajas de empaque, mesas y artículos deportivos, construcciones livianas, muebles, artículos domésticos decorativos, cajas de empaque, palillos de cerillos y chapa.





Literatura citada

- Aguirre, R. C.E. y Santoyo, C. V.H. 2013. El cultivo del árbol del hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. 134 p.
- AidCamps Internacional. 2005. Wood. Volunteer Overseas Work on Third World Development Aid Projects. 4 p.
- Centro Amazónico de Desarrollo Forestal (CADEFOR). 2002. Siringa. Información técnica para el procesamiento industrial de 134 especies maderable. Proyecto FA0-GCP/BOL/028/NET. 2 p.
- Echenique, M.R. y A. Plumtre R. 1994. Guía para el uso de maderas de México y Belice. Universidad de Guadalajara. México. 196 p.
- Killmann, W. and L.T. Hong. 2000. Rubberwood- the success of an agricultural by-product. *Unasylva* FAO 51(2):66-72.
- Kollman, F.F.P. and Côté, W.A. 1984. Principles of wood science and technology, Volume I: Solid wood. Springer-Verlang, Berlin, Heidelberg. New York. Tokyo. p.1-592.
- Honorato, S.J.A y M. E. Fuentes, L. 2001. Propiedades físico-mecánicas de la madera de cinco especies de encino del estado de Guanajuato. *Revista Ciencia Forestal en México* 26(90):5-28.
- Lee, Y.H. 1982. Malaysian timbers-rubber wood. Malaysian Forest Service Trade Leaflet No. 58. Kepong, Malaysia, Malaysian Timber Industry Board. p. 9.
- Malaysian Timber Council (MTC). 2002. Rubberwood. 3 p.
- Mohd, H.R, M.; Mohd. Zin J. and Zaidon A.1998. Juvenility in rubberwood (*Hevea brasiliensis*) and its relation with the physical and mechanical properties. Thesis Dissertation. Universiti Putra Malaysia, Department of Forest Production. Serdang Selangor, Malaysia.
- Norma ASTM D143 94. 1994 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. Annual book of ASTM standards. Section 4. Construction.





Santana, M. A. E, Morais, E.K.M. e Monteiro, P.T.C. 2001. Avaliação da madeira de quatro clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. Brasil Florestal No.70. 9 p.

Von Roth, W.V and M.A. Rechy de V.R. 1986. Important structural properties of *Pinus duranguensis* Martinez. Holz als Roh-und Werkstoff 44:41-46.





SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE *Hevea brasiliensis* MÜLL. ARG., BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN PLANTACIÓN

Olga Santiago Trinidad^{236*}

Resumen

La supervivencia y el establecimiento de las plantas en campo están condicionadas por las características fisiológicas y morfológicas de la especie en combinación con los factores ambientales. En este trabajo se evaluó la supervivencia y el crecimiento de las plantas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. que fueron producidas en vivero bajo once tratamientos formados por cinco mezclas de sustratos, dos tamaños de contenedor y un testigo. El experimento se estableció en campo con un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron supervivencia, crecimiento en altura y diámetro y las tasas relativas de crecimiento de ambas. Después de 17 meses en campo, los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todos los tratamientos. Las plantas producidas en la mezcla formada por de fibra de coco, vermiculita y de agrolita en proporción 5:3:2 en contenedor de 1 L, presentaron el mayor porcentaje de supervivencia, mientras que las del contenedor de 2 L, en combinación con la mezcla formada por 25 % de cachaza y 75 % de cascarilla de café composteados obtuvieron el mayor crecimiento en altura y diámetro. Con respecto a la tasa relativa de crecimiento en altura, los tratamientos formados por compostas de cascarilla de café y cachaza en diferentes porcentajes, presentaron la mejor eficiencia y en la tasa relativa de crecimiento en diámetro, los mejores resultados se obtuvieron en las plantas que se produjeron en la mezcla con 50% de turba.

Palabras clave: crecimiento, compostas, fibra de coco, *Hevea brasiliensis*, supervivencia

²³⁶Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *santiago.olga@inifap.gob.mx





Introducción

El árbol del hule, *Hevea brasiliensis* Müll.Arg. pertenece a la familia Euphorbiaceae y es un importante cultivo comercial que se establece principalmente para la producción de látex, y como producto secundario la madera. Es la principal especie arbórea que se cultiva comercialmente para la industria del hule ya que suministra más del 99% del consumo mundial de hule natural (De Burger *et al.*, 1995). Se utiliza para la producción de más de 40,000 productos, incluyendo 400 dispositivos médicos (Mooibroek y Cornish, 2000), pero la mayor demanda es de la industria llantera.

Es una materia prima insustituible debido a su estructura molecular y de alto peso molecular (>1 millón de daltons) que le dan la capacidad de elasticidad, resistencia a la abrasión y al impacto, características que no se pueden obtener fácilmente con polímeros artificiales (Priyadarshan *et al.*, 2009). Se cultiva en las zonas tropicales húmedas que por lo general presentan condiciones propicias para el establecimiento de plantaciones comerciales, principalmente en lugares con lluvias bien distribuidas y precipitación promedio anual de 1450 a 3000 mm (Compagnon, 1998; INIFAP, 2008; Priyadarshan *et al.*, 2009).

La calidad de los materiales es la columna vertebral de cualquier cultivo de plantación. Esto es más pertinente en el hule teniendo en cuenta su largo período pre-productivo (cinco a nueve años) y la vida económica productiva. Por eso en el cultivo del hule se establecen materiales de alto rendimiento injertados de acuerdo a la zona de plantación, que ofrezcan los mejores rendimientos y que reduzcan el tiempo de preproducción (Priyadarshan *et al.*, 2009; Ribeiro y Cassia, 2002).

El hule en México es uno de los cultivos con gran potencial, ya que reúne todos los requisitos para desarrollarse sustentablemente en lo ambiental, social y económico. Permite la recuperación de suelos con diferentes niveles de degradación. El cultivo requiere de una gran cantidad de mano de obra y es accesible al pequeño productor, en sistemas de bajo costo en sistemas agroforestales. Sin embargo, aún es incipiente la información sobre el comportamiento de la especie bajo diferentes formas de producción, tamaños de contenedor, sustratos y en general estándares de calidad de planta. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y supervivencia en plantación de las plantas injertadas de *H. brasiliensis* producidas en 11 tratamientos en vivero.





Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental “El Palmar” del Instituto Nacional de Investigaciones 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, 180 m de altitud). La temperatura media anual de la región es de 24°C (INIFAP, 2015).

La planta que se utilizó en el experimento fue del clon IAN-710 y se produjeron en dos tamaños de contenedor (1 y 2 L) y cinco mezclas de sustratos, con un testigo en bolsa de plástico (5 L) y tierra como sustrato. El terreno se preparó retirando las malezas con el paso de una rastra para remover el suelo, posteriormente se realizó el trazado y balizado. Las plantas se establecieron bajo un diseño de marco real con una distancia de 6 m entre filas y 3 m entre plantas.

Establecimiento y diseño experimental

El experimento se estableció en los terrenos del C.E. El Palmar-INIFAP, en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones por tratamiento. En cada bloque se establecieron 10 plantas. Para evitar el efecto de orilla en el perímetro de todo el experimento se colocó una hilera de plantas (bordo). En el Cuadro 1 se describen los tratamientos establecidos en campo.

VARIABLES EVALUADAS

Los muestreos se realizaron a los cuatro y siete meses, después los datos se tomaron cada dos meses hasta los 17 meses, ocho muestreos en total. Las variables evaluadas fueron: supervivencia, número de plantas vivas y número de plantas muertas en cada tratamiento, codificando 0=muertas 1=vivas.

En los primeros nueve meses la altura se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, pero en los siguientes muestreos se midió hasta donde inició la copa. El diámetro se midió con un vernier en la base del tallo. Las tasas relativas de crecimiento en altura y diámetro se determinaron con la fórmula

$$TRC = \frac{\text{Ln (Variable 2)} - \text{Ln(Variable 1)}}{\text{Tiempo 2} - \text{Tiempo 1}}$$





Cuadro 1. Descripción de los tratamientos establecidos en campo de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., producidas en diferentes sustratos y tamaños de contenedor.

Tratamiento	Tamaño de contenedor	Sustratos			
		Turba (%)	Fibra de coco (%)	Vermiculita y agrolita (%)	Compostas de cachaza y cascarilla de café (%)
T1	1.5 L	50		30 + 20	
T2	1.5 L		50	30 + 20	
T3	1.5 L				75 + 25
T4	1.5 L				50 + 50
T5	1.5 L				25 + 75
T6	2.0 L	50		30 + 20	
T7	2.0 L		50	30 + 20	
T8	2.0 L				75 + 25
T9	2.0 L				50 + 50
T10	2.0 L				25 + 75
T11 (Testigo)	Bolsa de polietileno negro (5 L)	100 % tierra			

Análisis estadístico

El análisis de supervivencia se realizó mediante un modelo de regresión logística binaria, (Hosmer y Lemeshow, 2000), que permite evaluar el efecto de un conjunto de variables independientes o explicativas en una variable de respuesta con distribución binomial.

$$P = \frac{1}{1 + e^{(a-bx)}}$$

Donde:

P = probabilidad de mortalidad, e = base del logaritmo natural (2.7182), a, b = parámetros del modelo, x =variable dependiente.

El análisis de varianza para el crecimiento se realizó con el modelo estadístico de medidas repetidas, mediante el Proc Mixed del programa estadístico SAS (Littell et al., 1996).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \beta T_{ij} + t_k + T t_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde μ es la media general, β_i es el efecto del bloque, T_j es el efecto de los tratamientos, t_k es el efecto del tiempo y ϵ_{ijk} es el error experimental y las interacciones de los factores βT_{ij} , y $T t_{ij}$.

Así también, mediante un análisis de varianza, se realizó una comparación entre tratamientos del último muestreo para determinar el mejor al final del experimento.





Resultados y discusión

Supervivencia

En el análisis de supervivencia de *H. brasiliensis* los tratamientos T₁, T₃ y T₆, no tuvieron efecto en la supervivencia, mientras que los ocho restantes presentaron algún efecto. Los valores estimados de los parámetros indican el aumento o disminución de la tasa de supervivencia con respecto a modelo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Significancia de la supervivencia en plantación ($p > 0.05$) de plantas de Hevea brasiliensis Müll. Arg.

Tratamiento	Estimado	P-valor
Intercepto	-4.2455	0.0004
T1	0.1768	0.3200
T2	-1.8261	0.0001
T3	0.0090	0.9652
T4	1.1234	0.0001
T5	-0.8809	0.0002
T6	0.1451	0.4380
T7	0.4170	0.0392
T8	1.4089	0.0001
T9	0.4317	0.0165
T10	0.5065	0.0044
T11	0.4607	0.0714

Los resultados de esta variable muestran que el mayor porcentaje de mortandad de las plantas se concentró en los primeros siete meses. De acuerdo con las condiciones agroclimáticas de la zona, en marzo, abril y mayo, las lluvias disminuyen considerablemente (IINIFAP, 2015), y en esa etapa las plantas estaban en el proceso de adaptación al sitio (tres meses de edad), por lo que, la disminución de precipitaciones en el periodo de establecimiento es un componente de alto riesgo para la supervivencia (Alloza y Vallejo, 1999).

Con excepción de los tratamientos 4 y 8, en los demás tratamientos a los 11 meses los porcentajes de supervivencia se mantuvieron estables, lo cual indica que una vez que las plantas han sobrevivido al periodo de estiaje y pasado la temporada de lluvias, los





porcentajes de mortandad disminuyen considerablemente. Navarro et al. (2006) comenta que el periodo de establecimiento es variable, aunque generalmente se acepta que tiene una duración básica de dos años, con mayor importancia del primero. Los tratamientos T_2 y T_5 formados por fibra de coco (50%) y compostas y en contenedor de 1.5 L, presentaron los mayores porcentajes de supervivencia (98 y 97% respectivamente), fueron 36% mayor que el T_8 con el menor porcentaje de plantas vivas (62%). El testigo (T_{11}) obtuvo 90%, 5% por arriba del promedio general (85%). El porcentaje del tratamiento T_1 (85%), se consideró como punto de comparación entre los tratamientos en contenedor y estuvo dentro del promedio general (Figura 1).

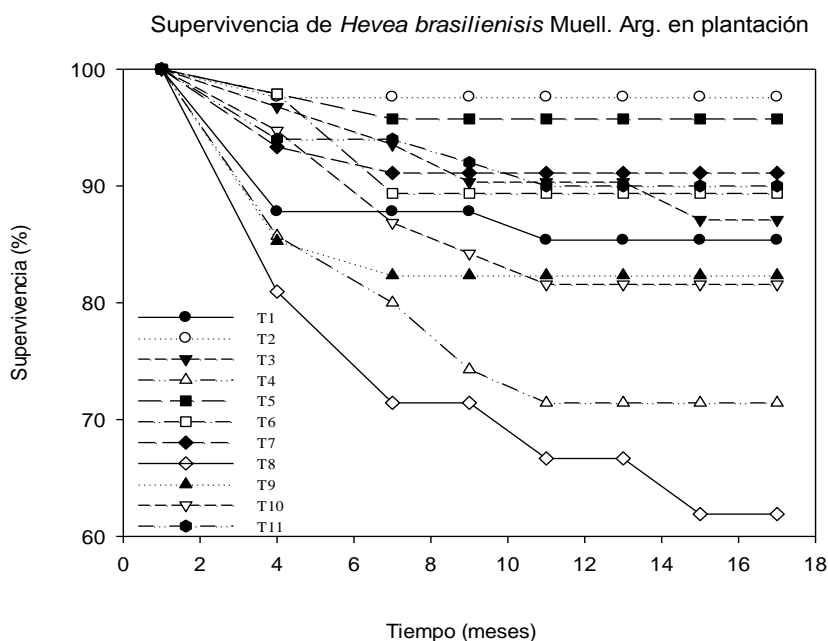


Figura 1. Porcentajes de supervivencia de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en plantación bajo diferentes mezclas de sustratos y tamaños de envase.

Crecimiento

Los resultados del análisis de varianza de medidas repetidas realizado para las ocho fechas de muestreo revelan diferencias significativas ($p \leq 0.005$) en los factores evaluados. Para las variables altura, TRCALT y diámetro, la significancia entre tratamientos y factores es evidente, no así para la TRCDIA (Cuadro 3).





Cuadro 3. Análisis de varianza de las variables de crecimiento de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., producidas bajo diferentes mezclas de sustratos y tipos de envase.

Factor	Altura		Diámetro	
	Altura	TRCALT	Diámetro	TRCDIA
Tratamiento	0.0001	0.0001	0.0001	0.1696
Bloque	0.0001	0.0002	0.0001	0.1254
Tiempo	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Tratamiento*Bloque	0.0001	0.0001	0.0001	0.8592

TRCALT: tasa relativa de crecimiento en altura, TRCDIA: tasa relativa de crecimiento en diámetro.

Altura

En el Cuadro 4., se presentan los resultados de las pruebas de medias obtenidos después de 17 meses de crecimiento de las plantas de *Hevea* establecidas en campo.

Cuadro 4. Comparación de medias entre 11 tratamientos de producción de planta en diferentes tamaños de envase y sustratos en ocho muestreos para la altura total de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en plantación.

Tratamientos	Mes 1	Mes 4	Mes 7	Mes 9	Mes 11	Mes 13	Mes 15	Mes 17
T1	0.126 bcd	0.275 bc	0.910 abc	1.52 ab	2.16 ab	2.51 a	2.83 ab	3.01 ab
T2	0.128 bcd	0.314 bc	0.956 abc	1.48 ab	2.14 ab	2.46 a	2.77 ab	2.96 ab
T3	0.102 d	0.250 cd	0.769 d	1.33 b	1.85 b	2.08 a	2.38 ab	2.56 c
T4	0.116 cd	0.296 bc	0.932 abc	1.51 ab	2.19 a	2.50 a	2.79 ab	3.03 ab
T5	0.134 bcd	0.306 bc	0.906 abc	1.46 ab	2.02 ab	2.33 a	2.60 bc	2.79 bc
T6	0.136 bcd	0.272 bc	0.871 bcd	1.43 ab	2.05 ab	2.42 a	2.76 ab	2.94 ab
T7	0.136 bcd	0.330 ab	0.928 abc	1.47 ab	2.07 ab	2.49 a	2.79 ab	2.98 ab
T8	0.134 bcd	0.218 d	0.800 cd	1.35 b	2.06 ab	2.54 a	2.83 ab	2.96 ab
T9	0.152 b	0.340 ab	0.998 cd	1.61 a	2.24 a	2.68 a	3.02 a	3.21 a
T10	0.157 b	0.336 ab	0.983 ab	1.60 a	2.23 a	2.66 a	2.99 ab	3.17 ab
T11	0.224 a	0.394 ab	1.036 a	1.60 a	2.16 ab	2.57 a	2.92 ab	3.09 ab

Diferentes letras en la columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 1.

Se puede observar que el mayor crecimiento en altura se presentó en el T₉ compuesto por 50% de cachaza y 50% cascarilla de café composteados y en contenedor de 2 L, con 3.21 m, el T₁₁ (testigo) no fue diferente de los demás tratamientos. Estos crecimientos estuvieron 35% por debajo de los reportados en Colombia con el mismo clon IAN-710, donde a los 12 meses alcanzaron una altura de 4.97 m (Vélez y Nieto, 2013). Diferentes autores coinciden





en que aparte del manejo que se le da a la plantación, el crecimiento y rendimiento de los árboles de hule dependen del genotipo, de las condiciones climáticas y del suelo, principalmente la humedad, factor determinante para la absorción de nutrientes que se da en la capa superficial en la época de lluvias y en las capas más profundas en la temporada de escasas de agua (Goncalves, 2001; Sanjeeva *et al.*, 1998).

En general en el crecimiento de las plantas bajo los 11 tratamientos no se observa una tendencia específica por grupo de tratamientos, por el tamaño de contenedor o por las mezclas de sustratos con y sin compostear (turba y fibra de coco), es decir en esta etapa el efecto de los tratamientos se pierde (Cuadro 4). Así también, se observa que la tendencia de mayor altura de las plantas del T₁₁ (testigo) al inicio del experimento, se mantuvo hasta los siete meses, después las plantas de los demás tratamientos las igualaron.

La gráfica del crecimiento en altura muestra que en los primeros 11 meses las plantas crecieron más rápido (60 cm en promedio), que en los 6 meses restantes donde el crecimiento fue de 28 cm en promedio para todos los tratamientos (las descripciones de los tratamientos se muestran en el Cuadro 1). Así también, se observa que los tratamientos 3 y 5 tuvieron un crecimiento menor a partir de los nueve y 11 meses con respecto a los demás tratamientos (Figura 2).

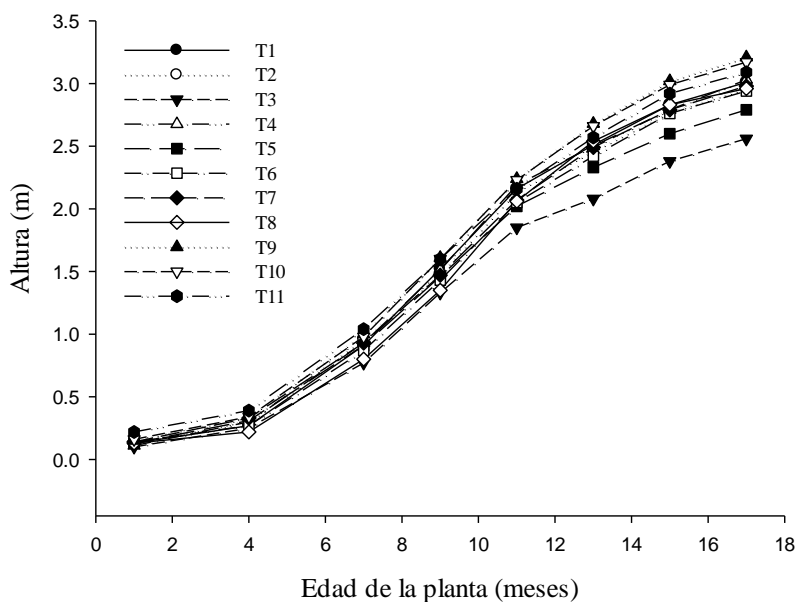


Figura 2. Crecimiento en altura de plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. establecidas en campo bajo 11 tratamientos de diferentes tipos de envase y combinaciones de sustratos.





Diámetro

Los resultados del crecimiento en diámetro de las plantas de *H. brasiliensis* indican que al inicio de la plantación, el testigo presentó el mayor crecimiento en diámetro (0.57 cm), 20% más que el T₃ con el menor valor (0.49 cm). El comportamiento de esta variable a los 4 meses indica que el T₁₁ continuó siendo el tratamiento con mayor crecimiento (0.86 cm), con 25% y 24% más diámetro que T₈ y T₆ (0.63 y 0.65 cm) que obtuvieron los crecimientos más bajos, en los demás tratamientos las diferencias no fueron evidentes.

Los tratamientos 3 y 8 presentaron los menores crecimientos (1.14 y 1.15 cm), siete meses después de establecidas las plantas en campo, en comparación con T₉, T₁₀ y T₁₁ (1.33, 1.32 y 1.39 cm). Hacia los 9 meses de edad, las plantas de los tratamientos que mostraron mayor crecimiento fueron el T₉ (2.17 cm), T₁₀ (2.13 cm), T₁₁ (2.16 cm), y los tratamientos con menor diámetro fueron T₃ y T₆ con 1.78 y 1.94 cm, respectivamente.

A los 11 meses de edad el T₉ continuó presentando el mayor crecimiento en diámetro (2.86 cm) con respecto a los demás tratamientos, fue 20% mayor que el T₃ (2.27 cm) que continuó presentando los menores valores y entre los demás tratamientos todos estuvieron por arriba de 2.50 cm de diámetro. Trece meses después de establecida la plantación en casi todos los tratamientos las plantas rebasaron los 3.0 cm de diámetro, con excepción de los tratamientos T₃ y T₅ (2.69 y 2.98 cm), los mayores valores se obtuvieron en tratamientos 9, 10 y 11. La misma tendencia de crecimientos mayores se presentó a los 15 y 17 meses de edad de las plantas en los tratamientos 9, 10 y 11, mientras que el T₃ presentó los valores menores.

Los tratamientos con menor porcentaje de cachaza y mayor porcentaje de cascarilla de café, en contenedores de 2 L (T₉ y T₁₀), así como el testigo (bolsa de 5 L y tierra) fueron consistentes en el mayor crecimiento en diámetro a lo largo del experimento, mientras que el T₃ formado por el mayor porcentaje de cachaza y en contenedor de 1.5 L, presentó el menor crecimiento durante el tiempo de la evaluación del experimento (Cuadro 5).

El crecimiento en diámetro a los 13 meses en todos los tratamientos fue menor al reportado por Vélez y Nieto (2013), para el clon IAN-710 evaluado en Colombia con 6.48 cm, así también Sterling y Correa (2010) reportaron para el mismo clon, crecimientos que van de 8 a 12 cm en Caqueta, Colombia. A partir de los 9 meses es evidente que el crecimiento del T₉ sobresale hasta los 17 meses. Así también, el tratamiento 3 fue presentando consistentemente menores valores de crecimiento en diámetro desde los siete meses hasta



el término de la evaluación del experimento (Figura 3). Los demás tratamientos en general siguieron la misma tendencia.

Cuadro 5. Comparación de medias entre 11 tratamientos de diferentes tipos de envase y combinaciones de sustratos en ocho muestreos para el diámetro de Hevea brasiliensis Müll. Arg. en plantación.

Tratamientos	Mes 1	Mes 4	Mes 7	Mes 9	Mes 11	Mes 13	Mes 15	Mes 17
T1	0.509 abc	0.735 bc	1.24 abcd	1.99 ab	2.52 bc	3.04 b	3.36 bc	3.78 ab
T2	0.514 abc	0.746 bc	1.29 abcd	2.00 ab	2.55 abc	3.08 b	3.38 bc	3.76 ab
T3	0.459 c	0.679 bc	1.14 d	1.78 b	2.27 bc	2.69 bc	3.01 bc	3.36 c
T4	0.489 bc	0.709 bc	1.26 abcd	2.03 ab	2.68 abc	3.26 ab	3.54 ab	3.86 ab
T5	0.509 abc	0.679 bc	1.23 abcd	1.96 ab	2.51 bc	2.98 bc	3.34 bc	3.62 bc
T6	0.505 abc	0.652 c	1.21 bcd	1.94 ab	2.55 bc	3.11 b	3.47 ab	3.80 ab
T7	0.542 ab	0.747 bc	1.31 abc	2.01 ab	2.60 ab	3.11 b	3.44 ab	3.80 ab
T8	0.477 bc	0.638 c	1.15 cd	1.95 ab	2.65 ab	3.29 ab	3.49 ab	3.76 ab
T9	0.525 abc	0.780 ab	1.33 ab	2.17 a	2.86 a	3.48 a	3.80 a	4.06 a
T10	0.511 abc	0.745 bc	1.32 ab	2.13 a	2.72 ab	3.30 ab	3.67 ab	3.95 ab
T11	0.573 a	0.860 a	1.39 a	2.16 a	2.69 ab	3.29 ab	3.59 ab	3.94 ab

Diferente letra en la columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 1.

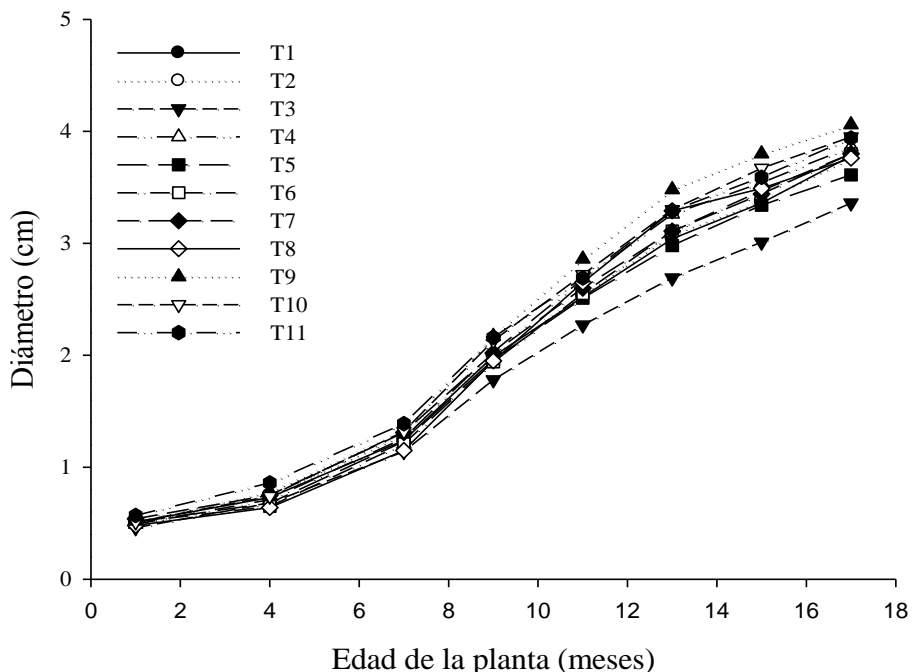


Figura 3. Crecimiento en diámetro de plantas de Hevea brasiliensis Müll. Arg., establecidas en campo bajo 11 tratamientos.



Tasa relativa de crecimiento

El análisis de varianza realizado a los 17 meses después del establecimiento de las plantas en campo, indica diferencias significativas entre los factores evaluados para la tasa de crecimiento relativo en altura y diámetro pero no así en la interacción (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza de las variables de crecimiento a los 17 meses después de la plantación.

Factores	TRCALT	TRCDIA
Tratamiento	0.0514	0.0161
Bloque	0.0368	0.0060
Tratamiento*bloque	0.1159	0.2794

TRCALT: tasa relativa de crecimiento en altura; TRCDIA: tasa relativa de crecimiento en diámetro.

En la tasa relativa de crecimiento en altura, a los 17 meses los tratamientos 4 y 3 presentaron los mayores valores, el T₁₁ considerado como el testigo entre todos los tratamientos, no presentó mayores valores que el T₁ considerado testigo dentro de los tratamientos en contenedor. Así también se puede observar que en la combinación de las mezclas a base de compostas en el contenedor de menor capacidad, presentaron mayores valores que cuando se combinaron con el contenedor de 2 L (T₃, T₄ y T₅) (Figura 4).

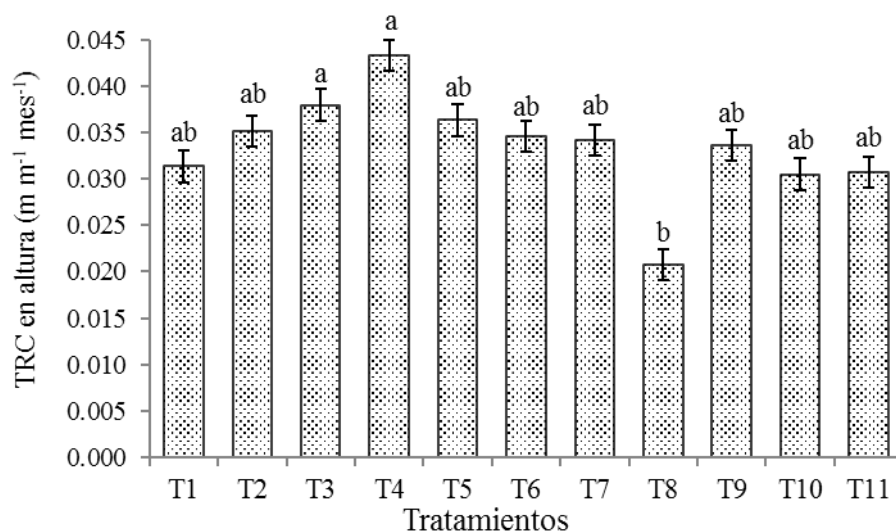


Figura 4. Comparación de medias de la tasa de crecimiento relativo (TCR) en altura a los 17 meses después de establecidas las plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. producidas bajo diferentes tipos de envase y combinaciones de sustratos.





La TRC en diámetro para los tratamientos 8, 9 y 10, presentaron el menor valor, mientras que el tratamiento 1 mostró la mejor eficiencia para el crecimiento del diámetro, seguido del T₃, T₇ y el testigo T₁₁. La mayor eficiencia de las plantas se da en las primeras etapas de crecimiento y con el tiempo disminuye (Clavijo, 1989), por esta razón la TCRDIA en algunos tratamientos a los 17 meses justifica su disminución (Figura 5).

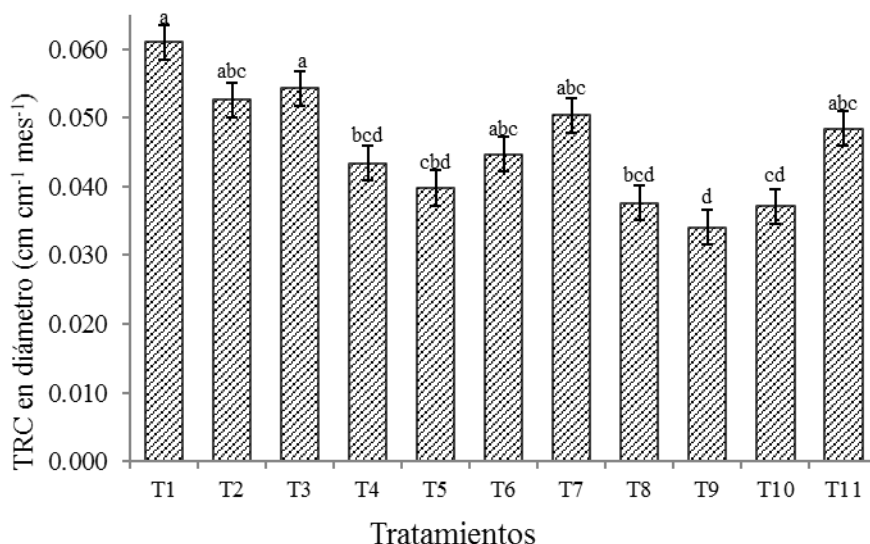


Figura 5. Comparación de medias de la tasa de crecimiento relativo (TRC) en diámetro a los 17 meses después de establecidas las plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. producidas bajo diferentes tipos de envase y mezclas de sustratos.

Los contenedores, el sustrato y en general el sistema de producción repercuten considerablemente en la supervivencia y crecimiento de las plantaciones. Los tratamientos con mayor porcentaje de cachaza composteada (50 y 75%) presentaron los menores porcentajes de supervivencia, altos niveles de conductividad eléctrica, alta densidad aparente y bajos porcentajes porosidad total. Estas características afectan el crecimiento del sistema radical y como consecuencia el anclaje de las plantas en campo (Landis *et al.*, 1990; Ansorena, 1994; Heiskanen, 1999). Sin embargo, las propiedades de las mezclas por sí solas no fueron las responsables de la baja supervivencia, toda vez que esas mismas mezclas, pero en diferentes tamaños de contenedor presentaron porcentajes por arriba del 80%. Se estima que la combinación de las características de las mezclas con la disminución de lluvias y aumento de temperatura influyeron en el porcentaje de supervivencia.





Las plantas producidas en el tratamiento con 50% de fibra de coco, 30% de vermiculita y 20% de agrolita en combinación con el contenedor de 2 L, presentaron los mayores crecimientos en altura y diámetro. Este comportamiento está relacionado con las propiedades de la fibra de coco, ya que esa misma mezcla pero en el contenedor de menor tamaño presentó crecimientos muy cercanos en ambas variables. Las tasas relativas de crecimiento en altura y en diámetro fueron discrepantes, mientras la mayor tasa en altura se presentó en los tratamientos con mayor porcentaje de cachaza en combinación con el contenedor de 1.5 L, la mayor tasa en diámetro se presentó en la mezcla con 50% de turba. Toda vez, que los resultados son incipientes para la especie en cuestión, es importante continuar con las evaluaciones con diferentes sustratos, tamaños de contenedor y su posterior evaluación en campo.

Conclusiones

1. El sustrato fue determinante en el crecimiento de las plantas de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. 2. El porcentaje de la mezcla de cachaza composteada debe ser menor o igual a 50% para la producción de plantas: La fibra de coco mostró mejor desempeño como sustrato que la turba para la supervivencia y crecimiento en campo de las plantas de hule. 3. Las plantas que presentaron las tallas más grandes no obtuvieron los mejores porcentajes de supervivencia, por lo que, una planta de mayor tamaño no asegura que va a crecer y sobrevivir en campo. 4. Los crecimientos en los distintos tratamientos indican que con el tiempo los tamaños de las plantas se igualan y los efectos de los tratamientos tienden a desaparecer, por lo que es viable el establecimiento de plantas de *Hevea brasiliensis* producidas en contenedor utilizando sustratos y contenedores que pueden sustituir la producción de planta en bolsas (producción tradicional).





Literatura citada

- Alloza, J.A. y R. Vallejo. 1999. Relación entre las características meteorológicas del año de plantación y los resultados de las repoblaciones. *Ecología* 13:173-187.
- Ansorena, J. 1994. *Sustratos. Propiedades y Caracterización*. Mundi Prensa, Madrid, España. 172 p.
- Clavijo, J. 1989. Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi* 15:12-16.
- Compagnon, P. 1998. *El caucho Natural, biología-cultivo-producción*. Consejo Mexicano del Hule-CIRAD. México, D. F.
- De Burger, K., V. Haridasan, H.P. Smit, R.G. Unni, and W. Zant. 1995. *The Indian Rubber Economy: History, Analysis and Policy Perspectives*. New Delhi: Manohar Publishers. 233 p.
- Goncalves, P. S., N. Bartonelo, E. L. Furtado., R. Sambugaro, and O. C. Bataglia. 2001. Desempenho de clones de siringueira da serie IAC 300 selecionados para a regioo noroeste do Estado de Sao Paulo. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(4):589-599.
- Heiskanen, J. 1999. Hidrological properties of container media based on sphagnum peat and their potential implications for availability of water to seedlings after outplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14:78-85.
- Hosmer, D. W. and S. Lemeshow. 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley. New York. 392 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Potencial productivo del hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Agromapas <http://www.agromapas.inifap.gob.mx/>. [consultado el 7 octubre de 2017].
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2015. Red nacional de estaciones meteorológicas. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>. [consultado el 7 de enero de 2018].
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald, and J. P. Barnett. 1990. *The Container Tree Nursery Manual. Vol. 2. Containers and Growing Media*. Agric. Handbook 674. USDA Forest Service. Washington, DC, USA. 88 p.



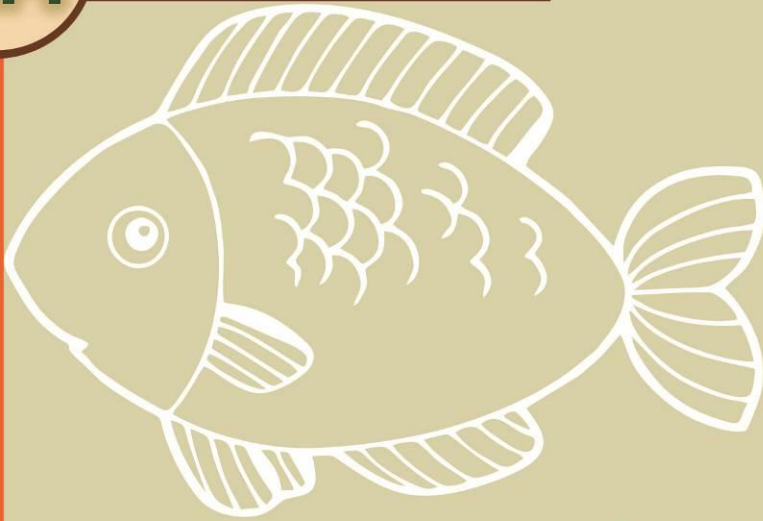


- Littell, R. C., G. A. Milliken, W. W. Stroup, and R. D. Wolfinger. 1996. SAS system for mixed models. SAS Institute, Cary. NC. 633 p.
- Mooibroek, H. and K. Cornish. 2000. Alternative sources of natural rubber. *Applied Microbiology and Biotechnology* 53:355-365.
- Navarro, R. M., A. D. del Campo, y J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Cap. 2. *In: Calidad de Planta Forestal para la Restauración en Ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos.* Cortina, J., Peñuelas, J.L., Puértolas, J., Vilagrosa, A., and Savé, R. (Coord.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 191 p.
- Priyadarshan, P.M., P.S. Goncalves, and K.O. Omokhafa. 2009. Breeding Hevea rubber, Chapter 13. *In: Breeding Plantation Tree Crops. Tropical Species.* Jain S.M. and Priyadarshan P.M. (eds.). Rubber Research Institute of India. P. 469-484.
- Ribeiro, C. y C. E. Cassia. 2002. Desempenho de cinco clones jovens de siringueira na regio do planalto occidental paulista. *Bragantia* 61(3):237-245.
- Sanjeeva, R. P., C. K. Saraswathamma, and M.R. Sethuraj. 1998. Studies on the relationships between yield and meteorological parameters of rubber tree (*Hevea brasiliensis*). *Agricultural and Forest Meteorology* 90:235-245.
- Sterling, C. A. y D. J. Correa. 2010. Desempeño de una colección clonal de caucho en periodo de inmadurez en la Amazonia Colombiana. *Revista Ingenierías y Amazonia* 3(1):16-27.
- Vélez S., D. y V. Nieto R. 2013. Desempeño inicial de los clones de chaucho en el municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia. *Colombia Forestal* 16(2):186-199.





VERACRUZ 2018



ACUÍCOLA Y PESQUERÍA



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



MANEJO DE REPRODUCTORES DE LANGOSTINO MALAYO (*Macrobrachium rosenbergii*) EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA

Javier Domínguez Mora^{237*}, Juan Lorenzo Reta Mendiola²³⁷, Alberto Asiain Hoyos²³⁷, Juan Salazar Ortiz²³⁷ Igor Olaf Neveu Diez²³⁷ y Fabiola Andrade Rogel²³⁷

Resumen

Los langostinos del género *Macrobrachium* de importancia comercial y acuícola, son aprovechados en las zonas costeras de las regiones tropicales. La especie *M. rosenbergii* es una especie domesticada y la tecnología del cultivo se encuentra ampliamente desarrollada. Actualmente en la región de Sotavento, Veracruz, México, se pretende la innovación de su cultivo y el manejo de reproductores es la base de la cadena productiva. Las técnicas de manejo de reproductores de langostino malayo se realizaron de manera apropiada, propiciándole a los reproductores condiciones adecuadas de calidad del agua, alimentación y sanidad, lo cual permitió observar las características más significativas del proceso de apareamiento. Entre estas se destacaron las mudas de preapareamiento, la deposición del espermatóforo, la presencia gonádica en cefalotórax y abdomen, así como los cambios en la coloración de la gónada, indican su madurez y la pronta eclosión de los huevos. Se concluye que el sistema propuesto para el manejo de reproductores es el adecuado debido a la presencia de las fases del proceso reproductivo, hasta llegar a la madurez gonadal.

Palabras clave: apareamiento, crustáceos, agua dulce

Introducción

El langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) ha sido una de las especies domésticas importantes a nivel internacional (New, 2005). En México, particularmente en el estado de

²³⁷ Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz. *jretam@colpos.mx





Veracruz esta especie fue cultivada hasta que la unidad de producción de postlarva en la región, granja La Rayana, dejó de funcionar por problemas de índole administrativo en el año 2014; a la fecha no se ha restablecido la oferta, estancando el desarrollo productivo de la región. En consecuencia, actualmente se importan langostinos de la India (Gómez, 2017), a precios que ha subido considerablemente.

El Colegio de Postgraduados entre otras instituciones como el Tecnológico de Boca del Río, el Acuario de Veracruz A.C., La Asociación de Acuicultores de Veracruz AVAC, entre otras instancias de gobierno y privadas, han planteado restablecer el cultivo en la región de Sotavento del estado de Veracruz. El presente trabajo forma parte de este esfuerzo, contiene las observaciones y el conocimiento adquirido referente al manejo de reproductores. Existen otros temas que se están desarrollando actualmente considerando la cadena agroalimentaria en su totalidad, como lo es cuidado embrionario, el cultivo larval, la engorda, comercialización e industrialización (New, 2009).

En el presente trabajo se describe el sistema de cultivo y mantenimiento de reproductores, incluyendo los sustratos, calidad del agua, alimentación, y observaciones sobre el comportamiento reproductivo. Los resultados muestran la viabilidad del manejo de reproductores de *M. rosenbergii* en la región de Sotavento, Veracruz, México.

Materiales y métodos

Descripción del sitio

El desarrollo del cultivo se llevó a cabo en la comunidad de Delfino Victoria en el municipio de Veracruz, en la región de Sotavento, Veracruz, México. Las coordenadas geográficas son 19°12'41.82"N y 96°16'11.15"O. El clima predominante es caluroso con lluvias en verano, la temperatura promedio oscila en los 28°C, según la clasificación de Köppen modificado por García (García, 1973). El sitio se ubica a 26 km de la ciudad de Veracruz. El estudio se realizó durante el periodo comprendido entre octubre del 2017 y junio del 2018.





Descripción del sistema de cultivo

El sistema de cultivo constó de un estanque de geomembrana de 3.4 m de diámetro y 80 cm de alto, un filtro biológico de malla de plástico tipo arpilla, colocada en un tambo de 220 L marca OZLER, una bomba sumergible de agua marca GAL modelo L7704 de 120 V, conocidas como cabeza de poder; estructuras para el flujo de agua de policloruro de vinilo (PVC), entre el estanque de cultivo y el filtro biológico.

Origen y transporte de los reproductores

Los reproductores fueron adquiridos en el estado de Morelos de una granja comercial de engorda de langostinos. Fueron transportados en un bidón de plástico de 1 m³ con un volumen de agua de 700 L y un número de animales de 1200. Haciendo una densidad de 1.71 organismos por litro de agua. Se colocaron redes tipo arpilla para que existiría un sustrato de sujeción y amortiguamiento de golpes por el movimiento del vehículo. El sistema fue dotado por un sistema de soporte de vida constituido por un soplador marca BOYU y un manifold con mangueras y piedras aireadoras. El traslado duro 8 h arribando a la granja de recepción a las 18:00 h, presentando una mortandad de 32 organismos.

Medidas profilácticas

Los langostinos seleccionados como reproductores fueron tratados y se aplicó un baño de inmersión con formaldehído a 25 ppm de formol durante 15 min, según las recomendaciones de Chowdhury *et al.* (1993), como medida profiláctica antes de ingresar al sistema de cultivo.

Manejo del cultivo

Se colocaron refugios de PVC de 5.08 cm y 10.16 cm de diámetro, por 20 cm de largo con el objetivo de proveerles de protección y evitar el canibalismo y disminuir los niveles de agresividad por parte de los machos (Karplus *et al.*, 2000). Fueron sembrados a una densidad de 80 organismos en el estanque y con una relación de 1 hembra por cada macho como recomienda Daniels *et al.* (1999).





Alimentación

Los organismos fueron alimentados con una dieta a base de alimento balanceado de camarón con un porcentaje de proteína del 32% marca Purina y complementado con alimento fresco que consistió en calamar picado a una proporción del 3% de la biomasa total, el alimento fresco se suministró 2 veces por semana, en la mañana y en la tarde. (Cavalli *et al.*, 2001)

Calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua observados fueron temperatura, oxígeno y pH. El oxígeno y temperatura fueron tomados con un oxímetro marca YSI 550 y el Ph con un pH metro marca YSI Ph 10. Se realizaron reposiciones del volumen de agua semanal. El estanque fue ubicado de tal manera que la radiación solar afectara la temperatura del agua la mayor parte del día. Durante el periodo invernal se colocó un plástico tipo invernadero, en forma de dos aguas, para resguardar al estanque de las bajas temperaturas que se presentaron. Cabe destacar que el agua salada fue proporcionada por el acuario de Veracruz, los cuales le dan un tratamiento con cloro en polvo al 60% y aireación por 24 horas, transcurrido el tiempo se trató con tiosulfato de sodio a 12 ppm durante 24 horas y aireación constante.

Biometrías

Se realizaron biometrías para conocer el crecimiento y el estado físico de los organismos. El peso se obtuvo con una balanza digital marca IBN MAXIM 40 y la longitud utilizando un ictiómetro de plástico marca Aquatic.

Limpieza

Se realizaron sifoneos semanales succionando la materia orgánica residual y sólidos depositados al fondo del estanque. Se lavaron y desinfectaron los refugios, mallas de apareamiento y artes de pesca con una solución de jabón grado alimenticio a una proporción de 7 ml/L.





Áreas de apareamiento

Se colocaron redes usando mallas tipo arpilla encabalgadas y con plomos para lastre, atravesando el diámetro del estanque, dejándolas caer 45° para facilitar la sujeción y trepado de los organismos y facilitar el cortejo.

Comportamiento de Reproductores

Se efectuaron observaciones sobre la dispersión espacial. Se colocaron dos colores de malla, rosa y verde, para distinguir la distribución de organismos en el estanque. Se contabilizaron los organismos en cada sección.

Presencia de gónada

Con la finalidad de observar el estado de madures sexual de las hembras, se realizaron observaciones diarias de la coloración del cefalotórax, buscando el color naranja característico (New, 2002). De la misma forma se observó la existencia de huevo en la cavidad abdominal a través de una inspección física de las hembras.

Apareamiento

Se realizaron observaciones diarias de las áreas de apareamiento para identificar el cortejo y el comportamiento reproductivo.

Mortalidad y enfermedades

Se realizaron conteos diarios de organismos muertos, signos de enfermedades y comportamiento anormal.

Análisis estadístico

La información numérica recaba fue procesada con el programa Rstudio para obtener datos descriptivos de la población de reproductores y su crecimiento específico.





Resultados y discusión

Talla y peso de los organismos

Se ha demostrado que las hembras más pequeñas superan a las más grandes en términos de producción de huevos durante un período de tiempo determinado (Cavalli *et al.*, 2001). En la primera biometría realizada el peso promedio de los machos fue de 25 g y el de las hembras fue de 13.6 g, debido a una mayor frecuencia de muda, las hembras más pequeñas se fecundan más a menudo y en consecuencia producen más huevos. En total la población de organismos fue de 80 langostinos: 40 hembras y 40 machos. El peso promedio de los machos fue de 29.0 g y el peso promedio de las hembras fue de 20.8 g. La talla promedio de machos fue de 13.4 cm y la de las hembras fue de 12.4 cm. En la figura No. 1 se muestra la distribución por tallas del grupo de las hembras manejadas. En la figura 2 se muestra que las tallas de los machos fueron heterogéneas con la presencia de machos dominantes.

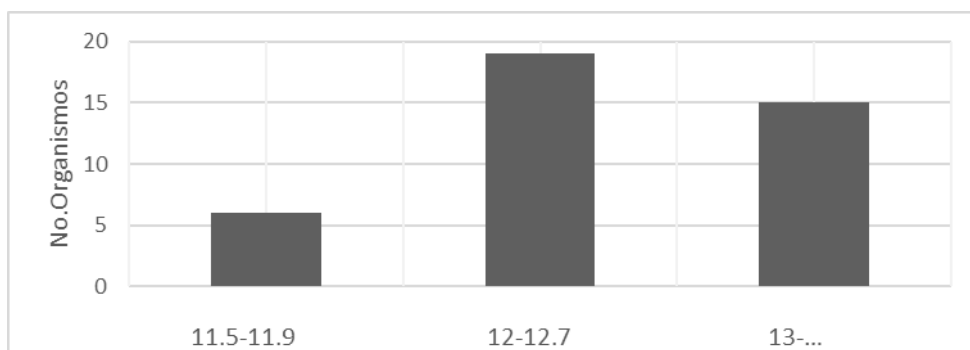


Figura 1. Distribución por tallas del grupo de langostinos hembras estudiados.

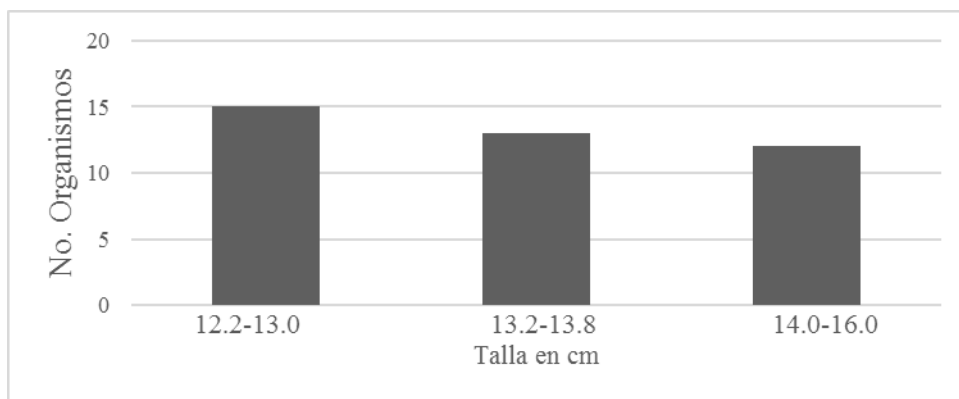


Figura 2. Distribución por tallas del grupo de langostinos machos estudiados.





Calidad del agua

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de temperatura del agua del estanque de manejo de reproductores, al cual se colocó una protección térmica como se explica en la metodología. Debido a la presencia de frentes fríos anunciados por el servicio meteorológico pronosticando bajas de temperatura ambiental hasta de 12°C, los resultados muestran temperaturas bajas más no letales para langostino, como lo describen Boyd y Zimmerman (2000).

Cuadro 1. Parámetros de calidad del agua en la temporada otoño-inverno.

Parámetros	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Temperatura (°C)	20	19	21	19.4	19
pH	8.9	8.9	8.9	8.7	8.7
Oxígeno	6.5	6.3	6.5	6.4	6.5

En la temporada de primavera la temperatura fue más propicia para la reproducción como se muestra en el Cuadro No. 2, considerando que el rango óptimo de reproducción es entre 26 a 28 °C (Tidwell *et al.* 1996).

En relación al pH se registran niveles menores a 9.5 que es el límite para evitar estrés según Boyd y Zimmerman (2000). El oxígeno se manifestó en niveles óptimos de cultivo.

Dispersión espacial

Los langostinos adultos son activos por la noche (Ling y Merican, 1961; Nakamura, 1975) y durante el día los langostinos reorganizan sus posiciones para permanecer en áreas sombreadas (John, 1957; Karplus y Harpaz, 1990). Los reproductores se concentraron en su totalidad en la zona de apareamiento color verde, esto debido a que proporcionaba más sombra y por lo tanto los organismos buscaban refugiarse en la obscuridad, lo que les servía de refugio y protección.

Cuadro 2. Control de temperatura en la temporada de primavera-verano.

Parámetros	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Temperatura (°C)	20	22	26.8	27
pH	8.5	8.5	8.8	8.7
Oxígeno	6.5	6.3	6.5	6.4





Mudas de preapareamiento y deposito del espermátforo

El apareamiento de adultos resulta en la deposición del espermátforo, en la parte inferior de la región torácica del cuerpo de la hembra, entre el tercer par de pleópodos. El apareamiento exitoso solo puede realizarlo una hembra madura que haya realizado la muda de preapareamiento y por lo tanto son de exoesqueleto blando (New, 2002). Durante el desarrollo de la investigación se pudo observar que las hembras realizaban la muda de preapareamiento e inmediatamente buscaba al macho para la cópula, durante el día, el macho resguarda a la hembra debajo de él, esto también se cree sirva de protección a la hembra debido a que se encuentra sin defensa al haber cambiado el exoesqueleto y puede ser atacada por los langostinos presentes en el estanque. El macho procedía a poner de lado a la hembra para depositar el espermátforo, posteriormente el macho volvía a resguardar a la hembra o en algunos casos la hembra abandonaba al macho y se refugiaba en los tubos de PVC.

Desarrollo gonádico

Se presentó en el cefalotórax una coloración naranja como símbolo de madurez reproductiva en las hembras. Posterior al apareamiento se detectó la presencia de la gónada fertilizada en el abdomen con un color naranja intenso. Se observó cambios de coloración de este naranja intenso a amarillo y posteriormente marrón. El color marrón es característico de pronta eclosión de los huevos, aproximadamente en un lapso de 24 a 48 h.

Durante los meses de enero a abril la producción gonádica se presentó en masas de huevo compactas y firmes, para los meses de mayo y junio se observó la producción de la gónada como una masa gelatinosa no consistente y existía desprendimiento de huevo.

Manejo sanitario de los reproductores

Las buenas prácticas de manejo y producción son aún más esenciales en los sistemas de recirculación, ya que los errores cometidos pueden llevarnos a propiciar condiciones para el desarrollo de enfermedades o la muerte de los organismos (New, 2002). El manejo diario de los reproductores consistió en el Sifoneo semanal de los sólidos en el fondo del estanque y recambios de agua. Los organismos muertos fueron retirados y contabilizados, a la vez que se realizaba una revisión física para observar y conocer las causas de la muerte. Se observó





la posibilidad de la presencia de mancha negra, que es causada por bacterias oportunistas (New, 2002). Los langostinos presentaron los signos de esta afección en manchas de color oscuro en el cuerpo.

Conclusiones

1.- El sistema presentado fue eficiente para el manejo y reproducción de Langostino Malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) en la región de Sotavento, Veracruz, México. 2.- Los sustratos de apareamiento con redes tipo arpilla proveen de una superficie adecuada para el cortejo y depósito del espermatóforo. 3.- La densidad de cultivo resultó adecuado al presentar relaciones intraespecíficas evitando el canibalismo. 4.- La dieta proporcionada y las condiciones de calidad del agua permitieron que existieran las mudas de pre-apareamiento

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento del trabajo.

Literatura citada

- Boyd, C. y S. Zimmermann. 2010. Grow-out systems-water quality and soil management. P. 239-255. In: Freshwater Prawns: Biology and Farming. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Cavalli, R. O., Lavens, P. y Sorgeloos, P. 2001. Reproductive performance of *Macrobrachium rosenbergii* females in captivity. Journal of the World Aquaculture Society 32 60-67.
- Chowdhury, R., C. Angell y H. Bhattacharjee, H. 1993. A manual for operating a small-scale recirculation freshwater prawn hatchery. Bay of Bengal Programme. Madras, India. 34 p.
- Daniels, W. H., R. O. Cavalli y R.P. Smullen. 2010. Broodstock management. P. 40-54. In: Wiley-Blackwell (Ed). Freshwater Prawns: Biology and Farming. United Kingdom.





- García, E. 1993. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- Gómez, R. 2017. El recurso acuícola-pesquero langostino (*Macrobrachium* spp.) en la zona central de Veracruz: análisis de la cadena productiva. Colegio de Postgraduados. 1-56 p.
- John, M. C. 1957. Bionomics and life history of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Bull. Cent. Res. Inst. Univ. Travencore, Tiruvandrum Ser. C 5, 93-102.
- Karplus, E. y S. Harpaz. 1990. Preliminary observations on behavioral interactions and distribution patterns of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* under semi-natural conditions (Decapoda, Caridea). *Crustaceana* 59:193–203.
- Karplus, I. y A. Sagi. 2000. The biology and management of size variation. P. 316-345. In: Wiley-Blackwell (Ed). *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. United Kingdom.
- Ling, S.W. y A. B. O. Merican. 1961. Notes on the life and habits of the adults and larval stages of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Proceedings of the Indo-Pacific Fisheries Council* 9(2):55–60.
- Nakamura, R. 1975. A preliminary report on the circadian rhythmicity in the spontaneous locomotor activity of *Macrobrachium rosenbergii* and its possible application to prawn culture. *Proceedings of the World Mariculture Society* 6:37–41.
- New, M. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquaculture Research* 36:210-230.
- New, M. 2009. History and global status of freshwater prawn farming. p. 1-11. In: Wiley-Blackwell (Ed) *Freshwater prawns: biology and farming*. New York.
- New, M. B. 2002. *Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (Macrobrachium rosenbergii)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 213.
- Tidwell, J.H., L. R. D'Abramo, C. D. Webster, S. D. Coyle y W.H. Daniels. 1996. A standardized comparison of semi-intensive pond culture of freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* at different latitudes: production increases associated with lower water temperatures. *Aquaculture* 141:145–58.





HELMINTOS PARÁSITOS DE *Poeciliopsis gracilis* DEL SISTEMA LAGUNAR PARQUE PASEO LOS LAGOS, XALAPA, VERACRUZ

Oscar Méndez^{238*}, Clementina Barrera Bernal²³⁸ y Elizabeth Valero Pacheco²³⁸

Resumen

Los lagos urbanos son importantes ecosistemas acuáticos que sirven para el establecimiento de especies, principalmente peces. La familia Poeciliidae es de las más comunes en estos cuerpos de agua, por su capacidad de dispersión para colonizar; aunque son de los peces más estudiados en lo que a helmintos parásitos se refiere, poco se sabe de la helmintofauna de los poecilidos en lagos urbanos. El objetivo de este estudio fue determinar la composición de helmintos parásitos del Sistema Lagunar Parque Paseo de los Lagos en Xalapa, Veracruz. Se examinaron 32 ejemplares de *Poeciliopsis gracilis* y todos los helmintos encontrados fueron contados y preservados. Se realizó la identificación y descripción taxonómica de los parásitos y se calcularon los parámetros ecológicos prevalencia, abundancia e intensidad promedio de infección. Se colectaron 148 helmintos representados por cinco especies: *Gyrodactylus* sp., *Centrocestus formosanus*, *Botriocephalus acheilognathi*, *Glossocercus* sp. y *Contracaecum* sp. *Gyrodactylus* sp. y *B. acheilognathi* se registraron en forma adulta y el resto en estado larval, indicando que utilizan a *P. gracilis* como hospedero intermediario. *Gyrodactylus* sp. se encontró parasitando a 75% de la muestra, siendo la cavidad cloacal la zona con el mayor número de parásitos. Se registra la presencia y establecimiento de *Gyrodactylus* sp., *C. formosanus*, *B. acheilognathi* y *Glossocercus* sp., como especies invasoras, capaces de ejercer impactos negativos sobre sus hospederos originales y potencialmente ponen en peligro la sobrevivencia de peces silvestres nativos, tanto de lagos urbanos como de ambientes naturales.

Palabras clave: Monogenea, Digenea, Cestoda, Nematoda, Poeciliidae

²³⁸ Laboratorio de Hidrobiología, Facultad de Biología, Campus Xalapa, Universidad Veracruzana.

* spiroxys@hotmail.com





Introducción

Los lagos urbanos son ecosistemas acuáticos muy importantes que han sido construidos con diferentes fines y que permiten el establecimiento de diferentes hábitats para las especies, tanto acuáticas como terrestres, migratorias o residentes, que logran adaptarse (Elías-Fernández *et al.*, 2006; García-Rodríguez *et al.*, 2014). La familia de peces Poeciliidae es la más frecuentemente encontrada en los lagos urbanos y a ella pertenece la especie *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848), misma que se distribuye desde el sur de México hasta Honduras. Ecológicamente es muy tolerante, habita en aguas tranquilas de arroyos, estanques de inundación, lagunas, micro embalses, lagos y presas, en agua clara a turbia o muy fangosa y su forma peculiar de reproducción, así como de tolerancia a diversos ambientes, le confiere grandes posibilidades de dispersión para colonizar.

Por su parte, los peces de agua dulce son el grupo de vertebrados más estudiado para los helmintos parásitos de México, debido a que cumplen una función dentro del ciclo de vida de los parásitos, ya sea como hospederos definitivos, intermediarios o paraténicos (Pérez-Ponce de León y García Prieto, 2001). Según Pérez-Ponce de León *et al.* (2011), se han analizado alrededor del 51% de las especies de peces de agua dulce y, en ellas, se han registrado casi 300 especies de helmintos. Aunque el inventario está casi terminado (Pérez-Ponce de León y Choudhury, 2010), la diversidad de parásitos de agua dulce en muchas zonas del país no ha sido documentada, tal es el caso de los lagos urbanos.

Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la composición de helmintos parásitos del Sistema Lagunar Parque Paseo de los Lagos en Xalapa, Veracruz, con la finalidad de obtener información para un mejor manejo de estos lagos urbanos dulceacuícolas.

Materiales y métodos

De enero a junio de 2018 se colectaron y examinaron 32 ejemplares de *Poeciliopsis gracilis* del Sistema Lagunar Parque Paseo de los Lagos en Xalapa, Veracruz (19° 31' 53" N; 96° 55' 28.2" O). Los peces se capturaron con una red de cuchara con luz de malla de 2 mm, se





mantuvieron vivos con agua del medio y se transportaron al laboratorio para su examen helmintológico. Cada pez fue sacrificado y se le tomó la longitud total (LT) y sexo. El examen helmintológico consistió en revisar bajo microscopio estereoscópico las aletas, branquias, cavidades y vísceras. Todos los helmintos fueron contados y preservados.

Los platelmintos se fijaron con formol caliente al 4% y los nemátodos en formol salino caliente al 4% (Caspeta-Mandujano *et al.*, 2009; Vidal-Martínez *et al.*, 2001). Todos se preservaron en alcohol al 70%. Para la determinación taxonómica, los platelmintos se tiñeron con paracarmín de Mayer y se montaron en preparaciones permanentes en bálsamo de Canadá. Los nemátodos se estudiaron por transparentación en preparaciones temporales aclarados en glicerina. La determinación taxonómica de los helmintos se hizo con base en la bibliografía primaria y con los clasificadores más actualizados.

Para caracterizar las infecciones de cada especie de helminto se usaron los parámetros propuestos por Bush *et al.* (1997): prevalencia, abundancia promedio e intensidad promedio.

Resultados y discusión

De los 32 ejemplares de *Poeciliopsis gracilis* examinados 27 fueron hembras y cinco machos con una LT de 3.3 a 5.4 cm. Se registraron 148 helmintos pertenecientes a cinco especies: *Gyrodactylus* sp., *Centrocestus formosanus*, *Botriocephalus acheilognathi*, *Glossocercus* sp., y *Contracaecum* sp. (Figura 1), representadas por dos phyla: Platyhelminthes y Nematoda. Todas las especies de helmintos registradas en este estudio, ya han sido reportadas para otros poecilidos en aguas mexicanas (Monks *et al.*, 2005; Salgado-Maldonado *et al.*, 2004; Salgado-Maldonado *et al.*, 2005); sin embargo, es importante mencionar que posiblemente este sea el primer estudio sobre helmintos parásitos de peces en un lago urbano.



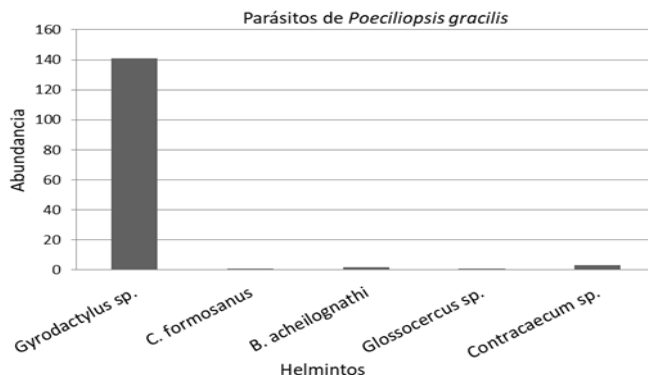


Figura 1. Abundancia de helmintos parásitos registrados en *Poeciliopsis gracilis* del Sistema Lagunar Parque Paseo de los Lagos en Xalapa, Veracruz.

El monogéneo *Gyrodactylus* sp. fue el más representativo con 141 individuos, registrando los mayores valores de prevalencia (75%), abundancia (4.4 ± 5.6) e intensidad media (5.8 ± 5.8) de infección. La cloaca de *P. gracilis* fue donde se registró el mayor número de individuos (Figura 2); asimismo, las hembras registraron una mayor parasitosis con respecto a los machos. Bautista-Hernández *et al.* (2014) mencionan que estos ectoparásitos infectan a su hospedero por el contacto entre los individuos de la misma población. *Gyrodactylus* sp. presenta una reproducción vivípara, en donde un único individuo puede presentar hasta tres generaciones, favoreciendo su dispersión y persistencia.

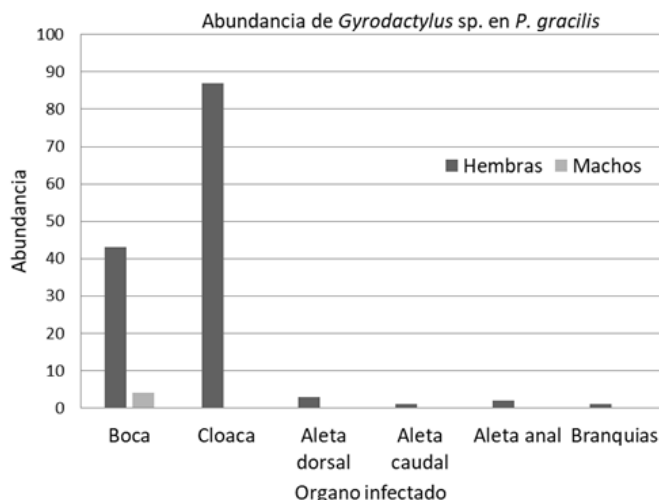


Figura 2. Abundancia de helmintos parásitos registrados por órgano de infección entre machos y hembras de *Poeciliopsis gracilis*.



Los helmintos *C. formosanus*, *B. acheilognathi*, *Glossocercus* sp., y *Contraecaecum* sp. son endoparásitos y, la mayoría, introducidos con sus hospederos (tilapias y carpas). Estos infectan a sus hospederos mediante las cadenas tróficas por el consumo de los primeros hospederos intermediarios (caracoles y copépodos) infectados con estadios larvales. *P. gracilis* exhibe una dieta omnívora, incluyendo una gama de potenciales hospederos intermediarios (Wischnath, 1993). La presencia de estas larvas, excepto *B. acheilognathi*, indica que *P. gracilis* actúa como hospedero intermediario para estas especies de helmintos, siendo las aves en donde alcanzan la madurez sexual y las responsables de dispersar sus huevecillos en los cuerpos de agua. Aunque están representados con un bajo número de individuos, es importante señalar que estas especies de parásitos pueden llegar a causar grandes daños a las poblaciones silvestres y de cultivo, ocasionando pérdidas importantes en la industria acuícola (Vogelbein y Overstreet, 1988). El bajo registro de estos parásitos en *P. gracilis* se debe, entre otros aspectos, a la baja presencia de los primeros hospederos intermediarios en el Sistema Lagunar Parque Paseo de los Lagos.

El céstodo asiático *B. acheilognathi* es la especie invasora de helminto parásito de peces dulceacuícolas más ampliamente distribuida en el mundo. Habita como adulto en el intestino de los peces de agua dulce, los cuales son sus hospederos definitivos. Los peces adquieren la infección al consumir copépodos, principalmente ciclópodos (primer hospedero), parasitados por larvas de este céstodo (Salgado-Maldonado y Rubio-Godoy, 2014).

Conclusiones

1.- La parasitofauna de *P. gracilis* se compone de platelmintos y nematodos. 2. El monogéneo *Gyrodactylus* sp. registró la mayor prevalencia y abundancia de infección. 3. La cloaca es el órgano donde se registra la mayor abundancia de *Gyrodactylus* sp. en *P. gracilis*. 4. Las hembras de *P. gracilis* se encuentran más parasitadas que los machos. 5. Todos los helmintos registrados en *P. gracilis*, excepto *Contraecaecum* sp., son especies introducidas. 6. Se confirma la presencia de *B. acheilognathi* en cuerpos de agua urbanos como el Sistema Lagunar Paseo de los Lagos de Xalapa, Veracruz.





Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por el proyecto: Calidad ecológica y ambiental de los lagos del Dique, Xalapa, Veracruz, del Cuerpo Académico Calidad Ambiental de la Facultad de Biología-Xalapa de la Universidad Veracruzana. Se agradece a los estudiantes Diana Helena Uscanga Alvarado, Daniel Augusto Pozos Carré, Diana Laura Reyes Martínez, Ismael Edoardo Sánchez González, Mario Luis Santibáñez Pouchoulen y Emmanuel Ávila Méndez por su apoyo en la revisión de las muestras.

Literatura citada

- Bautista-Hernández, C. E., S. Monks y G. Pulido-Flores. 2014. Comunidades de helmintos parásitos de algunas especies de peces de dos localidades de la Huasteca Hidalguense. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3):476-480.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz and A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.*, revisited. *Journal of Parasitology* 83:575–583.
- Caspeta-Mandujano, J. M., G. Cabañas-Carranza y E. F. Mendoza-Franco. 2009. Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas mexicanos. Caso Morelos. UAEM/AGT Editor. Cuernavaca, México.
- Elías-Fernández, G., N. A. Navarrete-Salgado, J. L. Fernández-Guzmán y G. Contreras-Rivero. 2006. Crecimiento, abundancia y biomasa de *Poecilia reticulata* en el lago urbano del parque Tezozomoc de la Ciudad de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(2):155-159.
- García-Rodríguez, J., F. I. Molina-Astudillo, E. Miranda-Espinoza, M. B. Soriano-Salazar y M. Díaz-Vargas. 2014. Variación fitoplanctónica en un lago urbano del municipio de Cuernavaca, Morelos, México. *Acta Universitaria* 25(1):3-11. doi: 10.15174/au.2014.646.
- Monks, S., V. R. Zárate-Ramírez and G. Pulido-Flores. 2005. Helminths of Freshwater Fishes from the Metztitlán Canyon Reserve of the Biosphere, Hidalgo, México. *Comparative Parasitology* 72(2):212-219.





- Pérez-Ponce de León, G. and A. Choudhury. 2010. Parasites inventories y DNA-based taxonomy: Lessons from helminths of freshwater fishes in a megadiverse country. *Journal of Parasitology* 96:236–244.
- Pérez-Ponce de León, G. y L. García-Prieto. 2001. Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México. *Biodiversitas* 37:7-11.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto and B. Mendoza-Garfias. 2011. Describing parasite biodiversity: the case of the helminth fauna of wildlife vertebrates in Mexico. p. 33-54. *In*: Grillo, O. (ed.). *Changing diversity in changing environment*. InTech. Rijeka, Croatia.
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, R. F. Pineda-López, J. M. Caspeta-Mandujano *et al.* 2004. Helminth Parasites of Freshwater Fishes of the Pánuco River Basin, East Central Mexico. *Comparative Parasitology* 71(2):190-202.
- Salgado-Maldonado, G., y M. Rubio-Godoy. 2014. Helmintos parásitos de peces de agua dulce introducidos. p. 269-285. *In*: Mendoza R. y P. Koleff (ed.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Salgado-Maldonado, G., R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera and C. Mendoza-Palmero. 2005. Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, México. *Parasitology Research* 96: 69–89.
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís and E. F. Mendoza-Franco. 2001. *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academia. Prague.
- Volgelbein, D. and R. M. Overstreet. 1988. Life-history y pathology of a heterophyid trematode infecting Florida-reared ornamental fishes. *Fisheries* 30: 11-16.
- Wischnath, L. 1993. *Atlas of Livebearers of the World*. T. F. H. Publications Inc. New Jersey, New Jersey. 336 p.





METALES PESADOS BIOACUMULABLES EN TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN EL CAUCE DEL RIO BALSAS, TIERRA CALIENTE DE GUERRERO

Ludybed Escobar Sarabia²³⁹, Diana Pérez de Jesús²³⁹, Francisco Zavala Hernández²³⁹, María Lucrecia Flores Lopez²³⁹ y Reyna Vergara Hernández²³⁹

Resumen

El objetivo del presente estudio fue registrar la concentración de metales pesados bioacumulativos en tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el lecho del río Balsas, Tierra Caliente de Guerrero. En septiembre de 2017 se recolectaron 85 especímenes, se congelaron *in situ* y se transportaron al laboratorio para su análisis. Las muestras se analizaron mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados indican la presencia de plomo (Pb) en peces, con una concentración por encima de los límites permisibles en el músculo. La presencia de cromo (Cr), cadmio (Cd) y manganeso (Mn) en las branquias se registró en concentraciones relativamente altas. Por lo tanto, es importante monitorear estos elementos para garantizar la calidad del pescado que proviene de este río en el canal Balsas.

Palabras clave: espectrofotometría de absorción atómica, contaminantes de aguas, estado trófico

Introducción

Se ha documentado la importancia ecológica y natural de estos cuerpos de agua, como el lecho del río Balsas en la Tierra Caliente de Guerrero, que albergan una gran diversidad de organismos; sin embargo, los usos a los que se han sometido generan una gran cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos, los cuales se pueden incorporar por arrastre de los contaminantes con el influjo de los ríos, que alimentan al río Balsas. Por lo general son

²³⁹ Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. * escobar8322@yahoo.com.mx.





afluentes muy contaminados durante todo su cauce, ya que en estos se incorporan escorrentías derivadas de la producción agrícola, industrial y doméstica. (Violente-González *et al.*, 2007). Los contaminantes llegan de diferente forma: procesos naturales, actividades humanas, escurrimiento, ríos, deposición directa, etc. Entre estos contaminantes se encuentran los metales pesados y, de ellos, el plomo (Pb) y cadmio (Cd) son los metales de mayor riesgo para la salud humana (Scarpa y Gratín, 1992). Pero es poca la información sobre la concentración de metales en lagunas costeras y ríos en México; por ejemplo, Vázquez-Sauceda *et al.* (2006) realizaron un estudio de la laguna de San Andrés en Tampico Tamaulipas de gran aporte de ostiones, donde detectaron el contenido de metales pesados (cobre – Cu –, Mn, hierro – Fe –, níquel – Ni –, Cd, Pb y zinc – Zn –) en el ostión, agua y sedimento.

El único estudio publicado para la laguna de Tres Palos Guerrero es el que realizaron De la Lanza-Espino *et al.* (2008), quienes efectuaron un análisis químico-biológico para determinar el estado trófico de la Laguna, con el fin de cuantificar el deterioro de la calidad del agua, así como el estado trófico en el que se encontraba en 2003, concluyendo que es una laguna en proceso de eutrofización, por el cambio brusco de plantas y algas. Conocer la calidad del agua de la Laguna Tres Palos en Guerrero es primordial para la conservación de la biodiversidad y para la salud de los consumidores de los productos que se obtienen de este cuerpo de agua. Por lo anterior y dado que no existe estudio alguno sobre el cauce del río Balsas en la región de Tierra Caliente de Guerrero, el objetivo de esta investigación fue evaluar el contenido de metales pesados presentes en el tejido de *Oreochromis niloticus*, un pez con importancia comercial en la región Tierra Caliente de Guerrero, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El río Balsas se localiza al centro del sur de México y fluye en dirección oeste por los estados de Guerrero y Michoacán, hasta desaguar en el Océano Pacífico. Cuenta con un escurrimiento superficial de 24,944 hm³ y con una longitud de 1,000 km, lo que lo hace uno de los ríos más largos del país. El río discurre por los estados de Tlaxcala, Puebla, Oaxaca,





Guerrero y Michoacán, y en su curso alto (en que lleva el nombre de río Atoyac) también corre por Tlaxcala y Puebla. Drena además parte de los estados de Veracruz, Morelos, Oaxaca, México y Jalisco, la que es conocida como depresión del Balsas.

Colecta de especímenes

Con el apoyo de pescadores locales se colectaron 85 ejemplares de *Oreochromis niloticus* (tilapia) de la misma zona.

Análisis de muestra

Se trasladaron al laboratorio cada una de las muestras de peces, posteriormente se les realizó una disección (se separaron partes de piel, músculo y branquias) y, las partes obtenidas, se pusieron en estufa para su secado total. Las muestras fueron digeridas con ácido nítrico a presión y temperatura elevadas (180°C), de acuerdo al método EPA *Method-3015A* (EPA, 2007) y se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica para obtener las concentraciones de Cd, Cr, Mn y Pb.

Resultados y discusión

Resultados

Los resultados indican la presencia de Pb y Cd en peces; de ellos, el Pb rebasó el límite establecido permitido para productos alimenticios, de acuerdo a la NOM-027-SSA1-1993, al registrarse en músculo 9.61 mg/kg y en piel 3.51 mg/kg, lo que supera el límite de Pb que es de 1 mg/kg (Figura 1); para el caso Cd, las concentraciones no rebasaron los límites establecidos en la normatividad mexicana; sin embargo, en tejidos, particularmente en piel, se registró en una concentración de 2.22 mg/kg y en branquias 2.65 mg/kg, siendo que la NOM-027-SSA1-1993 establece que el límite permisible es de 0.5 mg/kg (Figura 1). El Cr se registró en altas concentraciones en branquias (33.5 mg/kg), músculo (12.35 mg/kg) y piel (4.89 mg/kg); sin embargo, para este metal no hay una normatividad que establezca los límites permisible (Figura 2). Por último, para el Mn no hay límites permisibles para uso



pecuario (Cuadro 1), pero en lo que respecta a branquias se registraron 23.57 mg/kg, 12.35 mg/kg en músculo y 8.86 mg/kg en piel, considerando que las concentraciones son relativamente altas (Figura 2), (NOM-027-SSA1-1993; SEDUE, 1989) (Cuadro 1).

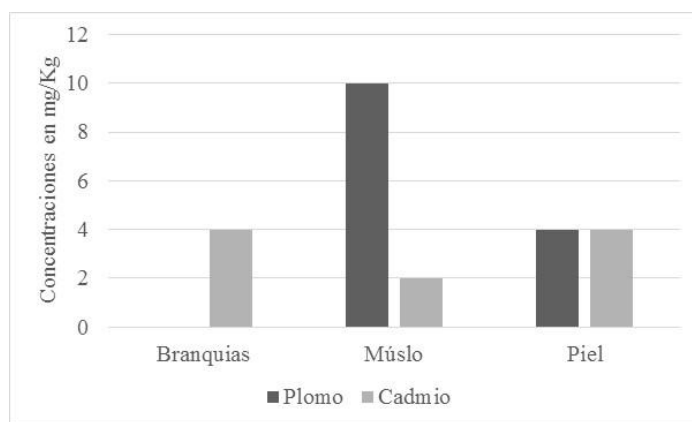


Figura 1. Concentraciones de Pb y Cd en *O. niloticus* en el cauce del río Balsas en la Región Tierra Caliente de Guerrero, México.

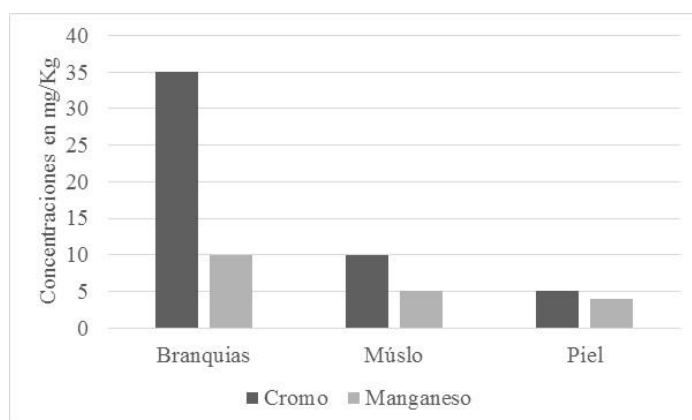


Figura 2. Concentraciones de Cr y Mn en *O. niloticus* en el cauce del río Balsas en la Región Tierra Caliente de Guerrero, México.

Cuadro 2. Límites permisibles en agua para uso pecuario (SEDUE, 1989).

Metal	Plomo	Manganeso	Cromo	Cadmio
Concentración máxima	0.1 mg/L	SLES	0.02 mg/L	0.02 mg/L
SLES. Sin Límite Establecido en SEDUE (1989)				



Discusión

Leal-Ascencio *et al.* (2009) reportaron que no detectaron concentraciones de metales en agua de Laguna el Limón, Chiapas; sin embargo, las concentraciones detectadas en musculo, branquias y piel en *O. niloticus* en la zona de estudio superaron los límites permisibles para evitar efectos en la salud humana, según la normatividad establecida en Canadá y los Estados Unidos de América. Por esto la importancia de establecer una nueva normatividad, en la que se consideren otros metales, debido a que solo hay una legislación para muy pocos metales (Bryan y Langston, 1992). Es posible que el fenómeno mencionado esté ocurriendo en cauce del río Balsas de Guerrero, en donde las concentraciones registradas para agua son altas, pero se desconoce las concentraciones de estos metales en sedimentos. Por ello, se sugiere analizar los sedimentos de este cuerpo de agua, ya que los metales presentes en agua se incorporan con los sedimentos, especialmente se asocian con la materia orgánica que conforma a los mismos. Es conocido que el bentos, plantas y animales de los sistemas acuáticos tienen la capacidad de bioacumular ciertos contaminantes. Por lo anterior, no se descarta que se presente el proceso de bioacumulación en *O. niloticus* y otras especies de peces presentes en la río Balsas. De esta manera, estos contaminantes se pueden biomagnificar; el Pb y Cd no se magnifican a lo largo de la cadena alimenticia (Peña *et al.*, 2001; Scarpa y Gatlin, 1992; Tacon, 1989).

Conclusiones

1.- Las concentraciones en diversos órganos del *O. niloticus* son altas. 2.- Con un monitoreo continuo se podrá descartar si existe algún riesgo a los consumidores de los productos del cauce del río Balsas en la Región Tierra Caliente de Guerrero o no están expuestos a algún tipo de riesgo por contaminación de la misma. 3.- Se sugiere realizar un estudio en el cuerpo de agua donde se efectúe un seguimiento cercano y amplio que pueda abarcar otras matrices ambientales, tales como sedimento y organismos tanto vegetales, lo más cercano a la Cadena trófica.





Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano por dar la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

Literatura citada

- Bryan, G. W. and W. J. Langston. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom Estuaries: a review. *Environmental Pollution* 76:89-131.
- De la Lanza-Espino. G., D. J. Alcocer, R. J. L. Moreno y P. S. Hernández 2008. Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica* 18:21-30.
- EPA, U. S. Environmental Protection Agency 2007. SW-846 EPA Method 3015A: Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. en *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*. Washington, C. (primera edición 1995).
- Leal-Ascencio M. T., S. Miranda, E. M. Otazo S., F. Prieto-García and A. J. Gordillo. 2009. Metals pollution in El Limon Lagoon, Chiapas, Mexico. *Tropical and subtropical Agroecosystems* 10(3): 415-421.
- Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993. Bienes y Servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. Secretaría de Salud. Diario Oficial, 14 de marzo de 1994.
- Peña, E., D. E. Carter y F. Ayala-Fierro. 2001. Toxicología Ambiental. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Southwest Hazardous Waste Program. The University of Arizona. Arizona, USA. 197 p.
- Scarpa, J. and D. M. Gatlin III. 1992. Effects of dietary zinc and calcium on select immune functions of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health* 4:24-31.





- SEDUE. 1989. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de la calidad del agua CE-CCA-001-1989. Secretaría Desarrollo Urbano y Ecología. Diario Oficial de la Federación. 02 de diciembre de 1989.
- Tacon, A. G. J. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Brasilia, Brasil. 111 p.
- Vázquez-Sauceda M. L., G. Aguirre-Guzmán, J. G. Sánchez-Martínez, R. Pérez-Castañeda y C. J. Rábago. 2006. Contenido de metales pesados en agua, sedimentos y ostiones de la Laguna de San Andrés, en Tamaulipas, México. Convocatoria de Tesis de Calidad del Premio Universitario.
- Violante-González, J., M. L. Aguirre-Macedo and E. F. Mendoza-Franco. 2007. A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research* 102:151-161.





CONCENTRACIÓN DE HEMOCITOS EN DIFERENTE FASE LUNAR EN EL CAMARÓN *Penaeus vannamei* DE SAN BLAS NAYARIT, MÉXICO

Juan Carlos Bautista-Covarrubias^{240*}, Angélica Nallehy Rodríguez-Ocampo²⁴¹, Patricia Anely Zamora Ibarra²⁴², José Armando López Sánchez²⁴⁰, Elizabeth Apreza Burgos²⁴², Luis Jorge Arcadia Ramírez²⁴¹ y Cathlin Sinahí Mendoza Delgado²⁴¹

Resumen

Se realizaron cuatro muestreos de camarones (12.03 ± 1.70 g) de una granja de San Blas Nayarit, México en diferente fase lunar, en total se analizaron 20 camarones por muestreo. En cada fase lunar se contabilizaron los hemocitos por microscopía y se identificaron poblaciones celulares por citometría de flujo, además fue contabilizado el tiempo de coagulación de la hemolinfa. Los valores promedios de hemocitos fueron menores en camarones analizados en cuarto creciente y luna llena, y presentaron diferencias significativas respecto a los analizados en la fase de cuarto menguante. La menor población de células contabilizadas por citometría de flujo fue la de hialinocitos en muestras de camarones colectados en luna nueva, mientras que el porcentaje mayor de granulocitos correspondió a camarones colectados en fase de cuarto creciente (19.5%). El tiempo de coagulación de la hemolinfa no presentó cambios significativos durante los muestreos realizados en las diferentes fases lunares (valor mínimo 30 segundos y máximo 173 segundos). La concentración de hemocitos fue variable en función de las fases lunares durante el mes de septiembre, por lo que podría ser importante el considerar aplicar una medida preventiva en el cultivo de camarón previo a las fases de luna nueva y cuarto creciente, con esto hacer frente a bacterias oportunista presentes en el sistema del cultivo.

Palabras clave: crustáceos, componentes celulares, ciclo lunar

²⁴⁰ Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.
juanb@uan.edu.mx

²⁴¹ Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas. Universidad Autónoma de Nayarit.

²⁴² Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit.





Introducción

En México el cultivo de camarón es una de las actividades económicas de mayor importancia; Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Nayarit son los estados a nivel nacional con la mayor producción de este crustáceo. Se estima que aportan 82% de la producción nacional de camarón cultivado, mientras que Nayarit aporta 7% de la producción (SAGARPA, 2013). Sin embargo, en el año 2013, hubo significativas pérdidas económicas, por la presencia de bacterias en camarón de cultivo en Sonora, Sinaloa y Nayarit. La presencia de *Vibrio parahaemolyticus* ha sido detectada en hepatopáncreas de organismos de cultivo de la zona Noroeste de México (Soto-Rodriguez *et al.*, 2015). La hemolinfa de los crustáceos es el tejido responsable de las dos respuestas inmune; celular y humoral, ya que distribuye la fracción celular (hemocitos) y la fracción líquida (el plasma) que contiene los diferentes efectores humorales. Las dos fracciones actúan de forma integrada en los crustáceos, protegiéndolos contra la invasión de microorganismos patógenos, sustancias exógenas y además funge como el principal mecanismo de defensa ante bacterias *Vibrio* (Söderhäll y Cerenius, 1992; Liu *et al.*, 2009; Qin *et al.*, 2012; Varela y Peña, 2016). También ha sido reportado que el número de células por mililitro varía en función del estadio de muda (Tsing *et al.*, 1989).

Es conocido que condiciones ambientales y las fases lunares ejercen influencia sobre la fisiología de los crustáceos originando respuestas diversas. Hay investigaciones que muestran que existe una ritmicidad lunar con el ciclo de muda. Dichas variaciones, sumadas a la pérdida de la cutícula (primera barrera defensiva en los crustáceos) son algunos de los factores que probablemente influyen en la resistencia y/o susceptibilidad de los crustáceos a las bacterias (Molina *et al.*, 2000). El sistema inmune puede ser estimulado por la pared celular de microorganismos que interactúan para disminuir los mecanismos de respuesta, e incrementar la susceptibilidad a bacterias patógenas (Lin *et al.*, 2015) e inclusive origina la muerte en los crustáceos por el estrés ocasionado. El objetivo de este trabajo fue contabilizar el número total de hemocitos (CTH) mediante microscopía y diferenciar las poblaciones celulares con citometría de flujo en camarón de una granja de San Blas, Nayarit durante diferente fase lunar.





Materiales y métodos

Colecta de muestras

Los camarones fueron comprados en una granja camaronícola cercana a San Blas, Nayarit (21°36'52.1"N 105°18'47.0"W), de un estanque fueron capturados con red atarraya 100 camarones en cada muestreo correspondientes a cada fase lunar de septiembre del 2016 (cuarto creciente, luna llena, cuarto menguante y luna nueva). De los 100 organismos, fueron seleccionados al azar 20 camarones (peso promedio 12.03 g \pm 1.70 D.E.) para el análisis.

Extracción y cuantificación del tiempo de coagulación de hemolinfa

Para la extracción de hemolinfa, se utilizó una jeringa para insulina (1 mL), se insertó en la base del pereiópodo localizado en el primer segmento abdominal. Una vez que se extrajo la hemolinfa fue colocada en papel parafilm sobre una cama de hielo, 20 μ L se colocaron en un tubo capilar para la determinación del tiempo de coagulación por el método de Jussila *et al.*, (2001), el tiempo inicial fue contabilizado al insertar la aguja en la base del pereiópodo, el tiempo final correspondió cuando la hemolinfa dejó de fluir al interior del tubo capilar (1.1-1.2 mm, Corning). Posteriormente 300 μ L fueron colocados en un microtubo eppendorf (capacidad 2 mL) en el cual se mezcló 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 se extrajo una submuestra de 50 μ L y se fijó con igual volumen de formalina (formalina al 37%, 0.45 M de NaCl) para el conteo total de hemocitos.

Cuantificación de componentes celulares

Los hemocitos totales fueron contabilizados en cámara Neubauer a 400X, usando los cuadrantes de las esquinas y un cuadrante adicional seleccionado aleatoriamente (Arredondo-Vega y Voltolina, 2007).

Identificación de poblaciones celulares por citometría de flujo

Para la identificación de poblaciones de hemocitos, fueron tomadas tres muestras al azar de cada muestreo en estadio "C". Las muestras se centrifugaron para eliminar los residuos y agregados celulares, consecutivamente se suspendió en solución salina tamponada con





fosfato (PBS: 1.44 g Na₂HPO₄, 240 mg KH₂PO₄, 8 g NaCl, 200 mg KCl, pH 7.4) para posteriormente realizar la lectura en el citómetro de flujo (BD Accuri C6) del Laboratorio de Inmunotoxicología de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Identificación del estadío de muda

Los camarones fueron observados al microscopio para la identificación del estadío de muda, a partir de las características presentes en los urópodos, de acuerdo a lo descrito por Robertson *et al.*, (1987).

Resultados y discusión

Del total de los organismos, el estadío intermuda “C” represento el mayor porcentaje (60%) mientras que el menor porcentaje (10%) fue para el estadío “B”. Los porcentajes mayores en estadío “C” se registraron en luna llena, mientras que en luna nueva el porcentaje mayor correspondió a camarones en estadío “D”, como se muestra en la siguiente Cuadro 1.

Cuadro 1. Porcentajes de estadío de muda del camarón blanco *Penaeus Vannamei* analizados durante las cuatro fases lunares.

Fase lunar	Estadío B	Estadío C	Estadío D
Cuarto creciente	16%	75%	8%
Luna llena	10%	80%	10%
Cuarto menguante	10%	50%	40%
Luna nueva	5%	39%	56%

El tiempo de coagulación contabilizado de la hemolinfa en diferente fase lunar, fue analizado mediante ANOVA una vía, lo cual mostró diferencias significativas (P=0.023), pero al realizar la comparación de promedios (Dunn's) no se determinaron diferencias estadísticas entre los promedios del tiempo entre las diferentes fases lunares (Figura 1).

El incremento en el tiempo de coagulación puede ser usado como un indicador de estrés (Jussila *et al.*, 2001; Fotedar *et al.*, 2001), en el presente trabajo el tiempo de coagulación de la hemolinfa de *P. vannamei* no mostró diferencias significativas entre las diferentes fases



lunares, pero si ha sido demostrado en el camarón *Litopenaeus vannamei* que hay incremento en el tiempo de coagulación por la exposición a concentraciones subletales de sulfato de cobre (Bautista-Covarrubias *et al.*, 2015).

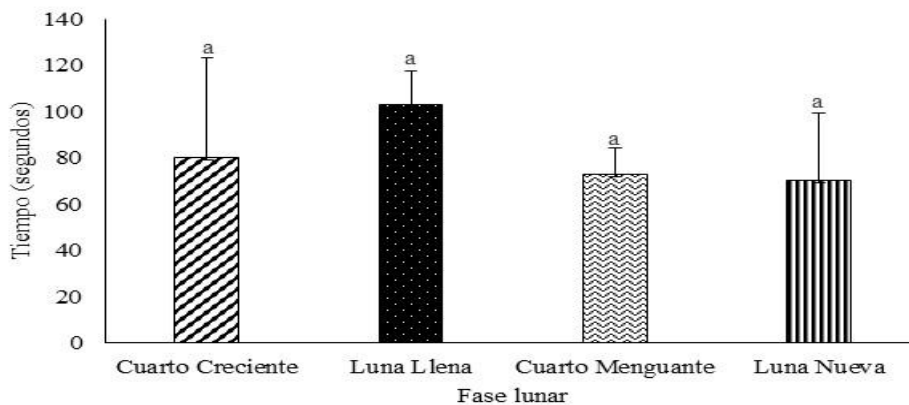


Figura 1. Tiempo promedio en segundos (\pm D.E.) de coagulación de la hemolinfa de *Penaeus vannamei*, durante diferente fase lunar. Letras iguales indican falta de diferencias significativas.

Los hemocitos totales contabilizados en cámara de Neubauer fueron significativamente diferentes ($P < 0.001$), el promedio de hemocitos en organismos de cuarto menguante fue significativamente diferente a los promedios obtenidos en camarones de cuarto creciente y luna llena ($P < 0.05$), mientras que para los promedios de luna nueva no hubo diferencias significativas (Figura 2). La circulación de hemocitos representa un mecanismo de defensa importante, la disminución puede ser debido a funciones como fagocitosis, encapsulación o debido a liberación del sistema proPO y probablemente debido a que el cadmio interfiere con el tejido hematopoyético (Quin *et al.*, 2012), además la disminución de hemocitos podría ser debido a la apoptosis provocada por el virus del síndrome de la mancha blanca (Hameed *et al.*, 2006), y a la presencia de concentraciones subletales de cadmio (Bautista-Covarrubias *et al.*, 2014) e incluso a cambios radicales en la temperatura o en la salinidad de manera experimental (Wang y Chen, 2005; Fan *et al.*, 2013). Sin embargo, también con el presente trabajo se ha demostrado la variabilidad en el número de hemocitos en función de las diferentes fases lunares.

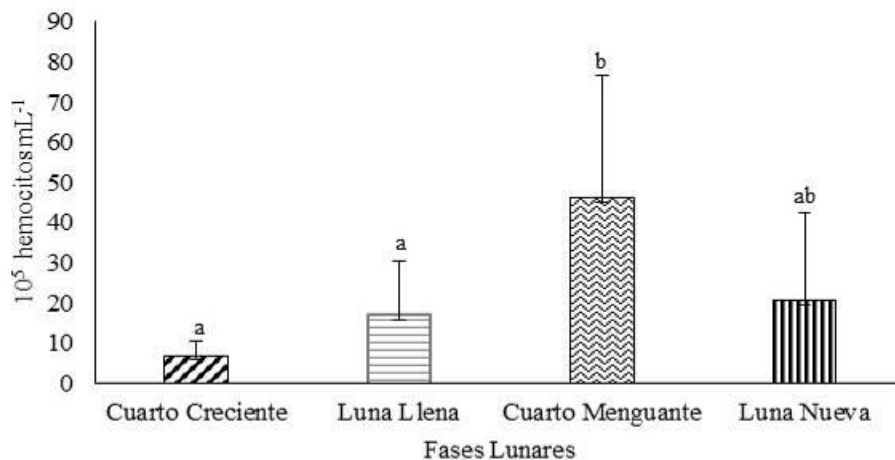


Figura 2. Valores promedio (\pm D.E.) 10^5 hemocitos mL⁻¹ en la hemolinfa de *Penaeus vannamei* durante cada fase lunar contabilizados con cámara Neubauer. Letras iguales o comunes indican falta de diferencias significativas.

Los citogramas indican que los granulocitos poseen valores mayores de granularidad (19.5%) que la población de hialinocitos (11.6%), además no se lograron identificar las tres poblaciones reportadas en la bibliografía, ya que no se lograron diferenciar los granulocitos de los semigranulocitos, probablemente por la poca cantidad de células que había en las muestras analizadas o por el estado de maduración en el que se encontraban.

Además, se observó una disminución en la población de hialinocitos en la luna nueva respecto a otras fases de lunas y una disminución de la población de granulocitos en la luna llena y cuarto menguante, teniendo un valor máximo de hialinocitos y granulocitos en la fase de cuarto creciente. Con la variabilidad en el porcentaje de los hemocitos podría considerarse que existe influencia lunar. Morfológicamente han sido identificadas por citometría tres distintas células en *P. merguensis* y en *M. rosembergii* esto fue cuando fueron desafiados con el virus (WSSV) y con el patógeno spiroplasma MR-1008 (Wang *et al.*, 2002; Du *et al.*, 2012).

Sin embargo, Oliver *et al.* (2011), identificaron dos poblaciones de células fagocíticas basándose en la tinción de ácido nucleico y la presencia o ausencia de una señal fluorescente roja en *L. vannamei*, cuando fueron inyectados con perlas de poliestireno modificadas con carboxilato rojo fluorescente como única condición estresantes, como también fue identificado dos tipos de hemocitos en el presente trabajo.



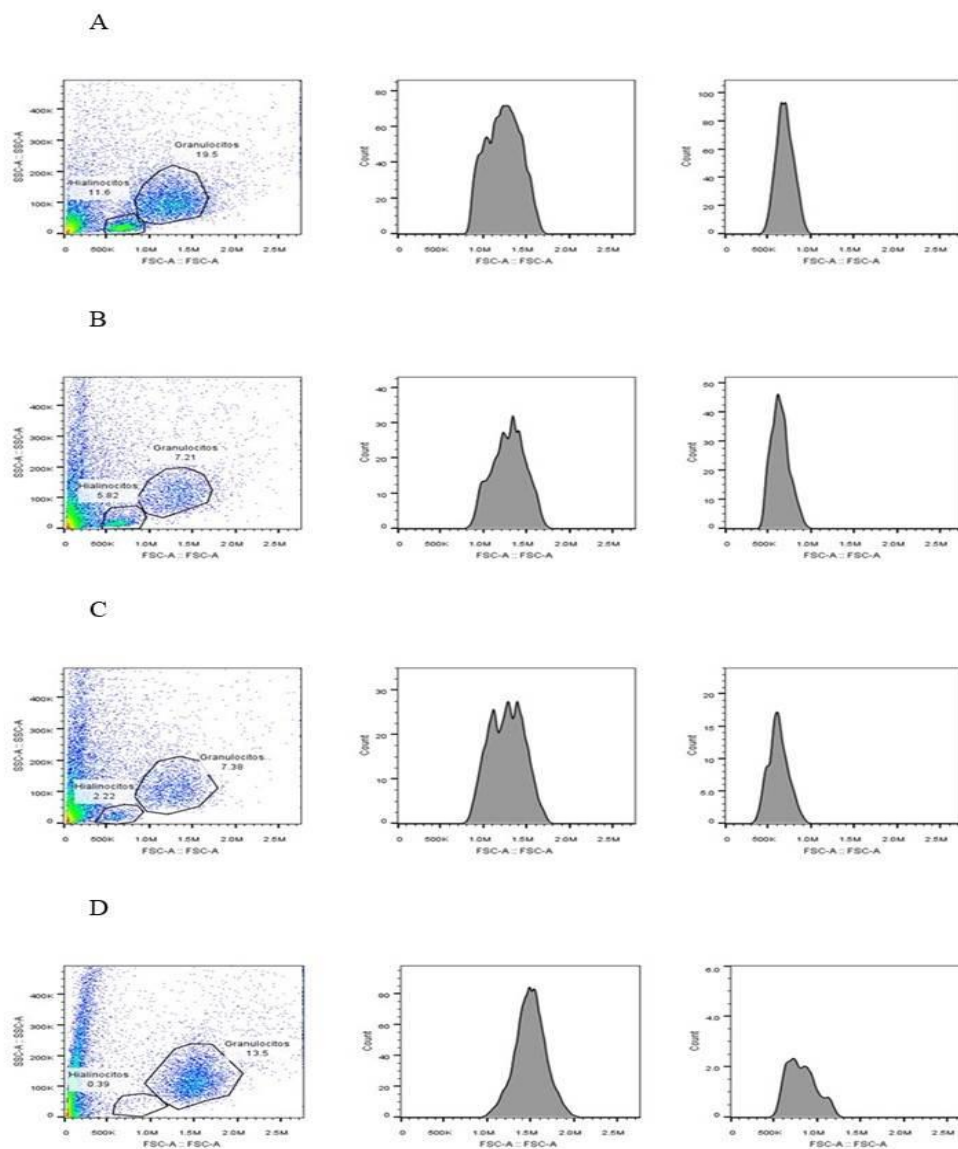


Figura 2. Poblaciones de hemocitos cuantificados por citometría de flujo; A) Cuarto creciente, B) Luna llena, C) Cuarto menguante y D) Luna nueva.

Conclusiones

1.- La concentración de hemocitos fue variable en las diferentes fases lunares de septiembre y se demuestra que en cuarto creciente los hemocitos son significativamente menores. Es posible que los organismos en cuarto creciente se encuentren regenerando un nuevo





exoesqueleto y la demanda de constituyentes de iones sea mayor, razón por la cual el camarón pudiera ser más vulnerable a bacterias oportunistas.

Recomendaciones

1.- Que los productores de camarón consideren la fase de luna nueva y cuarto creciente para aplicar un antibiótico o un probiótico como medida preventiva para evitar problemas de salud en los camarones de cultivo.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Proyecto PRODEP: F-PRODEP-38/Rev-04 SEP-23-005. UAN-EXB277. Universidad Autónoma de Nayarit.

Literatura citada

Arredondo-Vega, B.O. y D. Voltolina. 2007. Concentración, recuento celular y tasa de crecimiento. p 17-25. *In*: Arredondo, V. B. O., D. Voltolina, T. Zenteno S., M. Arce M. y G. A. Gómez A (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.

Bautista-Covarrubias, J. C., M. G. Frías E., G. J. Velarde M., D. Voltolina, L. M. García de la P. y M. F. Soto J. 2015. Relationships between copper and stress indicators in the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Marine - Freshwater Behaviour and Physiology* 48(3): 193-203.

Bautista-Covarrubias J.C., J.G. Velarde M., D. Voltolina, L.M. García de la P., F.M Soto J. y G.M. Frías E. 2014. Humoral and Haemocytic Responses of *Litopenaeus vannamei* to Cd Exposure. *The Scientific World Journal*, ID 903452, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/903452>.





- Du, J., H. Zhu, Q. Ren, P. Liu, J. Chen, Y. Xiu, *et al.* 2012. Flow cytometry studies on the *Macrobrachium rosenbergii* hemocytes sub-populations and immune responses to novel pathogen spiroplasma MR-1008. *Fish and Shellfish Immunology* 33:795-800.
- Fan, L., A. Wang and Y. Wu. 2013. Comparative proteomic identification of the hemocyte response to cold stress in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Proteomics* 80:196-206.
- Fotedar, S., E. Tsvetnenko and L. Evans. 2001. Effect of air exposure on the immune system of the rock lobster *Panulirus cygnus*. *Marine and Freshwater Research* 52:1351-1355.
- Hameed, S. A. S., M. Sarathi, R. Sudhakaran, G. Balasubramanian y S. S. Musthaq. 2006. Quantitative assessment of apoptotic hemocytes in white spot syndrome virus (WSSV)-infected penaeid shrimp, *Penaeus monodon* and *Penaeus indicus*, by flow cytometric analysis. *Aquaculture* 256(1-4):111-120.
- Huang, J., Y. Yang and A. Wang. 2010. Reconsideration of phenoloxidase activity determination in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology* 28:240-244.
- 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.
- Liu, H., K. Söderhäll and P. Jiravanichpaisal. 2009. Antiviral immunity in crustaceans. *Fish & Shellfish Immunology* 27:79-88.
- Molina, C., E. Cadena and F. Orellana. 2000. Alimentación de camarones en relación a la actividad enzimática como una respuesta natural al ritmo circadiano y ciclo de muda. *Avances en Nutrición Acuícola*. p. 358-380. *In: V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Mérida, Yucatán, México.
- Oliver, D. J., D. J. Loy, G. Parikh and B. Lyric. 2011. Comparative analysis of hemocyte phagocytosis between six species of arthropods as measured by flow cytometry. *Journal of Invertebrate Pathology* 108:126-130.
- Qin, Q., S. Qin, L. Wang and W. Lei. 2012. Immune responses and ultrastructural changes of hemocytes in freshwater crab *Sinopotamon henanense* exposed to elevated cadmium. *Aquatic Toxicology* 106-107:140-146.





- Robertson, L., W. Bray, J., Leung T. and A. Lawrence. 1987. Practical molt staging of *Penaeus setiferus* and *Penaeus stylirostris*. Journal of the World Aquaculture Society 18:180-185.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2013. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. <http://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Soto-Rodríguez, S. A., B. Gómez G., R. Lozano O., M. Betancourt L. and M.S. Morales C. 2015. Field and experimental evidence of *Vibrio parahaemolyticus* as the causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease of cultured shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Northwestern Mexico. Applied and Environmental Microbiology 81(5):1689-1699.
- Söderhäll, K. and L. Cerenius. 1992. Crustacean immunity. Annual Review of Fish Diseases 2:3-23.
- Tsing, A., A. Jean-Michel and M. Brehblin. 1989. Hemocytes of Penaeid and Palaemonid Shrimps: Morphology, Cytochemistry, and Hemograms. Journal of Invertebrate Pathology 53:64-77.
- Varela, A. y N. Peña. 2016. Histopatología diferencial de tres enfermedades bacterianas que afectan el hepatopáncreas de camarones peneidos. Agronomía. Mesoamericana. 27:73-80. doi:10.15517/am.v27i1.21887.
- Wang, L. U. and J. C. Chen. 2005. The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* at different salinity levels. Fish & Shellfish Immunology 18:269-278.
- Wang, Y. T., W. Liu, J. N. Seah, C. S. Lam, J.H. Xiang, V. Korzh and J. Kwang. 2002. White spot syndrome virus (WSSV) infects specific hemocytes of the shrimp *Penaeus merguensis*. Diseases of Aquatic Organisms 52:249-259.
- Lin, Y. C., J. C. Chen., Y. Y. Chen, S. T. Yeh, L. L. Chen, C. L. Huang, *et al.* (2015). Crowding of white shrimp *Litopenaeus vananmei* depresses their immunity to and resistance against *Vibrio alginolyticus* and white spot syndrome virus. Fish & Shellfish Immunology 45(1):104–111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2015.02.012>.





COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DEL PULPO COMÚN (*Octopus insularis*) DE VERACRUZ, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Gabriel Fajardo Alvarado^{243*}, Roberto González Gómez²⁴³, César Meiners Mandujano²⁴³,
Lourdes Jiménez Badillo²⁴³ y Piedad S. Morillo Velarde^{244*}

Resumen

El comportamiento reproductivo es un aspecto de gran importancia para las especies con potencial acuícola. Recientemente, se ha identificado a *Octopus insularis*, como la especie de pulpo común en Veracruz, y aunque ya se conocen algunas características biológicas y fisiológicas de esta especie, necesario profundizar en su conducta reproductiva. El objetivo de este trabajo es generar conocimiento sobre el comportamiento reproductivo del pulpo común de Veracruz (*O. insularis*) y su capacidad adaptativa en condiciones de cultivo. Se capturaron 10 ejemplares de *O. insularis* (5 machos y 5 hembras) de entre 400-800 g, en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Los organismos fueron mantenidos en una proporción de 1:1, ó 2:2 (hembra:macho) en tanques circulares de 750 L y alimentados diariamente con jaiba, caracol y distintas especies de peces congelados. Los tanques contenían dos tipos de refugios, piezas de PVC y “casitas” de cerámica. Los organismos se adaptaron con relativa facilidad a la vida en cautiverio, aceptando los tres tipos de alimento congelado. Todos los ejemplares utilizaron las “casitas” como refugio en el 100% de las ocasiones. Durante el cortejo, los machos mostraron un patrón de coloración bicolor, el lado expuesto a la hembra fue de un tono pálido, mientras que el lado oculto se tornó de un color rojizo oscuro. Esta mitad más rojiza, se volvió más intensa en presencia de otro macho. La cópula consistió en que el macho alargó el tercer brazo derecho (hectocotilo) hacia a la cavidad interna de la hembra para fecundarla, manteniendo una distancia considerable. Días después de la cópula (duración promedio 25 min), se observaron comportamientos agresivos intraespecíficos, con el resultado de tres machos y una hembra muertos por constricción en

²⁴³Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

²⁴⁴CONACyT- Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana.

*mpsanchez@conacyt.mx





episodios de canibalismo sexual. Finalmente, se obtuvieron 3 desoves, por lo que se considera una especie con potencial acuícola. Este trabajo puede contribuir al desarrollo de técnicas de manejo efectivas y de la biotecnología necesaria para lograr el cultivo de esta especie en cautividad.

Palabras clave: Cefalópodos, octópodos, reproducción, acuicultura marina

Introducción

El pulpo es uno de los principales recursos pesqueros capturados por las flotas artesanales del mundo, por su elevado contenido nutricional y valor económico (Sainz, 1998). Del año 2013 al 2016 el valor de la producción de pulpo en México se incrementó un 91%, de 648 millones a 1,236 millones de pesos (CONAPESCA, 2017). Esta pesquería recae principalmente sobre *Octopus maya* y *Octopus vulgaris*, que se encuentran en los litorales del Caribe mexicano y el Golfo de México (CONAPESCA, 2017). La especie de pulpo más importante a nivel comercial en Veracruz ha sido históricamente considerada como *O. vulgaris* (Jiménez-Badillo *et al.*, 2008; Díaz-Álvarez, 2011), sin embargo, recientemente ha sido identificada como *Octopus insularis*, con base en datos genéticos y morfométricos (Flores-Valle *et al.*, 2018). Esto conlleva la necesidad de generar conocimiento sobre la biología de la especie, principalmente, sobre su comportamiento reproductivo, para potenciar una administración efectiva del recurso y poder desarrollar la biotecnología necesaria para lograr su cultivo en cautividad.

Las distintas especies de pulpos presentan dos estrategias reproductivas: una es la producción de pocos huevos de gran tamaño, a partir de los cuales, los organismos eclosionados adoptan hábitos bentónicos, por lo que son calificadas como especies con desarrollo directo (holobentónicas); otra estrategia reproductiva es la de producir un gran número de huevos de pequeño tamaño que resultarán en la eclosión de organismos con hábitos planctónicos (paralarvas) y comportamiento natatorio, que posteriormente se asentarán en el fondo, estas especies son de desarrollo indirecto (merobentónicas) (Villanueva & Norman, 2008). Los pulpos tienen ciclos de vida cortos, en la mayoría de los





casos no superan los dos años y desovan una única vez en su vida (Rocha *et al.*, 2001). Dependiendo de la especie, la fecundidad puede variar desde cientos (*Octopus briareus*), hasta cientos de miles de huevos (*O. vulgaris*) (Salman & Akalin, 2012). El desarrollo embrionario de la mayoría de las especies tiene una duración variable dependiendo de la temperatura a la que se encuentren los huevos (Caverivière *et al.*, 1999).

El comportamiento reproductivo es una de las características más sobresalientes de los cefalópodos. Por su nivel de inteligencia, los cefalópodos han desarrollado diferentes comportamientos reproductivos que abarcan desde el cortejo hasta la cópula (Rocha *et al.*, 2001). En el caso de *Octopus cyanea*, se ha observado en su hábitat natural, un comportamiento agresivo de las hembras hacia los machos, en el que, tras la cópula, estas matan a su compañero (Huffard & Bartick, 2015). Esta forma de agresión, ha sido denominada constricción y es descrita de forma similar a la realizada por las serpientes constrictoras, ya que la especie de cefalópodo atacante normalmente envuelve el manto y/o la cabeza de su rival (Huffard & Bartick, 2015), hipotéticamente para cortar la circulación de agua a través del sifón de la víctima y con ello interferir en la oxigenación (Huffard *et al.*, 2010). Una vez ocurrida la muerte del rival, el organismo atacante puede canibalizarlo (Hochberg *et al.*, 2006). En la mayoría de especies de pulpos, tras la cópula tiene lugar el desove y el cuidado de los huevos por parte de la hembra (Iglesias *et al.*, 2004). Con la muerte de la hembra se puede dar por culminada la descripción del comportamiento reproductivo de los pulpos.

Recientemente, se han descrito diversas características biológicas y fisiológicas de *O. insularis*. Es una especie de talla mediana con un cuerpo musculoso, brazos fuertes y gruesos (de 3 a 5 veces la longitud del manto) con dos filas de ventosas cada uno y distintos patrones de coloración (Leite *et al.*, 2008). Es una especie merobentónica y tiene una fecundidad estimada de 85,000 huevos por desove, en hembras de 1680 g, su desarrollo embrionario dura de 30 a 38 días a 26°C (Lenz *et al.*, 2015). Posee gónadas más pequeñas y una menor fecundidad absoluta y relativa en el ovario que *O. vulgaris* (Lima *et al.*, 2017). Sin embargo, no se conoce en detalle el comportamiento reproductivo de la especie, desde el cortejo hasta la finalización de la incubación de los huevos.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es generar conocimiento acerca del comportamiento reproductivo de *O. insularis* bajo condiciones de cultivo, así como sobre las características de





su adaptación a la vida en cautiverio, lo que contribuirá a lograr desarrollar una técnica estándar dedicada a la reproducción de esta especie, con vistas a lograr su cultivo.

Materiales y métodos

Un total de 10 ejemplares de *O. insularis* (5 machos y 5 hembras) de entre 400-800 g, fueron capturados en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), México, con la ayuda de pescadores artesanales. Los ejemplares fueron transportados al laboratorio en hieleras con agua de mar e inyección de oxígeno dentro de sacos de malla individuales para reducir el estrés de los animales. El tiempo de transporte desde la costa hasta el laboratorio del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana (ICIMAP-UV) no superó los 20 minutos.

Una vez en el laboratorio, los organismos se aclimataron y mantuvieron en tanques circulares de 750 L con flujo continuo de agua (80 L/min), inyección de oxígeno (superior al 80% de saturación), temperatura ambiente (27°-30°C), salinidad entre 33 y 35, pH de 8 a 8.3 y sistema de filtración mecánica y biológica. Los tanques contenían tubos de PVC de 4" a 6" y "casitas" en forma triangular hechas con placas cerámicas a modo de tejado como refugios.

Se usó una malla raschel de ½ pulgada para cubrir los tanques y evitar escapes, así como para estimular la maduración gonadal. Los organismos se mantuvieron en proporción de 1 o 2 hembras por 1 macho, y en una ocasión 2 hembras por 2 machos. Se llevó a cabo una rotación de los machos entre los distintos tanques para asegurar la fecundación de todas las hembras. Los pulpos fueron alimentados diariamente con jaiba (*Callinectes sapidus*), caracol (*Strombus pugilis*) y distintas especies de peces de bajo valor comercial, fundamentalmente descartes.

Una vez que las hembras dejaron de alimentarse y antes de desovar, fueron trasladadas y mantenidas de manera individual en tanques circulares de 100 L en un sistema de circulación de agua con inyección de oxígeno, filtración mecánica, biológica y ultravioleta. Tras la puesta, las hembras y los huevos fueron mantenidos y monitoreados en las mismas condiciones.





Resultados y discusión

Los ejemplares de *O. insularis* se adaptaron con relativa facilidad a la vida en cautiverio. Todos los ejemplares comenzaron a alimentarse de manera regular a partir del segundo o tercer día. Los pulpos aceptaron los tres tipos de alimento congelado (cangrejo, caracol y pescado) sin mostrar preferencias hacía ninguno en particular, en concordancia con la relativa facilidad para su alimentación descrita por Lenz *et al.* (2015) en ejemplares brasileños. Los primeros días los organismos presentaron poca movilidad y la mayoría no se refugió (ni por el día ni la noche) hasta el tercer o cuarto día. La mayor actividad fue observada principalmente durante el día, de igual manera que lo reportado para *O. vulgaris* en Bermuda (Mather, 1985) en donde, los organismos presentaron comportamiento típico de forrajeo y exploración del fondo desplazándose con los brazos. Además, se observó en menor medida la actividad natatoria mediante propulsión a chorro con el sifón de un lado a otro del tanque, por la noche los ejemplares fueron observados cerca o dentro de los refugios, con poca o nula movilidad, reflejando un comportamiento diurno de esta especie.

Los organismos mostraron una marcada preferencia por los refugios en forma de “casita” hechos con placas cerámicas. Tanto los machos como las hembras, utilizaron las “casitas” en el 100% de las ocasiones, sin emplear en ningún caso los refugios de PVC. En el caso de los trabajos realizados por Morales-Ortega (2009), Borges (2013) y Lenz *et al.* (2015), los ejemplares de *O. insularis* se refugiaron y realizaron puestas en refugios de PVC, sin embargo, los investigadores no ofrecieron refugios alternativos, de forma que no pudo evaluarse la preferencia de los animales por distintos tipos de refugio. La ocupación de refugios vacíos por parte de los organismos no pareció verse afectada por la proximidad de conspecíficos ya refugiados, lo que concuerda con las altas densidades registradas en el medio natural por Bouth *et al.* (2011).

El comportamiento reproductivo de la especie comenzó con cambios en los patrones de coloración del macho durante el cortejo. Al iniciar el cortejo, el macho se colocó de manera lateral frente a la hembra, mostrándole a esta un color pálido en la mitad expuesta, mientras que el lado oculto se tornó de un color rojizo oscuro. Esta mitad más rojiza del cuerpo, se volvió más intensa en presencia de otro macho. Este comportamiento se observó durante dos o tres días consecutivos, hasta que el macho se acercó a la hembra para iniciar la





cópula. Patrones similares de coloración han sido descritos para *Sepioteuthis australis* (Jantzen & Havenhand, 2003). Es posible que el patrón bicolor, sea provocado por la presencia de otros machos, mostrando la tonalidad más intensa al macho para ahuyentar la competencia por la cópula, al mismo tiempo que se realiza el cortejo con una tonalidad más pálida.

La posición del macho para la cópula consistió en alargar el tercer brazo derecho (hectocotilo) en dirección a la cavidad interna de la hembra, manteniendo una distancia de aproximadamente 30 cm de esta, para evitar el canibalismo sexual, como se ha reportado para otros octópodos (Hanlon y Forsythe, 2008; Huffard y Godfrey-Smith, 2010). Este proceso se presenció en 4 ocasiones con dos parejas distintas y tuvo una duración promedio de 25 min, durante los cuales los dos ejemplares permanecieron prácticamente inmóviles. En concordancia con Lenz *et al.* (2015) quienes reportaron también para *O. insularis*, un tiempo de cópula de entre 20 a 30 min y a diferencia de lo observado para especies como *Enteroctopus megalocyathus* con 75 min por evento de cópula registrado (Gutiérrez *et al.*, 2012) y para *O. cyanea* con 15 min por evento de cópula (Huffard & Bartick, 2015). Aaronson (1986) menciona que el tiempo prolongado durante la cópula de los pulpos es para asegurar la inseminación de la hembra.

Una vez terminada la cópula, el macho retiró su brazo hectocotilizado de la cavidad interna de la hembra y los dos se separaron hacia la entrada de sus refugios individuales en donde permanecieron inmóviles durante aproximadamente media hora, proceso similar al descrito para *O. vulgaris* por Iglesias *et al.* (1999). Posteriormente, los pulpos (macho y hembra) siguieron con su comportamiento normal de nado, exploración, etc. Este proceso fue observado durante dos a tres días consecutivos por pareja.

Transcurridos unos días tras los eventos de cópula, se observó acoso y agresiones de las hembras hacia los machos. La hembra se aproximó al macho con una coloración pálida y cuando estuvo próxima a él, oscureció su coloración. Posteriormente, se abalanzó sobre el macho extendiendo cuatro de sus brazos dorsales (LI, LII y RI, RII) con los cuales sujetó y mantuvo su manto y cabeza bajo su propia umbrella, para agredir con su pico la cabeza del macho, similar al proceso de caza que aplican sobre sus presas. Después de varias agresiones el macho quedó inmóvil y la hembra mostró canibalismo principalmente sobre las vísceras y en menor medida los brazos del macho. El canibalismo observado no se debió a





la falta de alimento ya que los animales fueron alimentados diariamente a saciedad, y el comportamiento agresivo se observó únicamente después de la cópula, por ello, este tipo de comportamiento ha sido denominado canibalismo sexual (Huffard & Bartick, 2015).

Los machos en tres de las cuatro ocasiones, con una coloración pálida, intentaron escapar sin éxito de las agresiones de la hembra. Sólo en un caso en que el macho (800 g) era de mayor tamaño que la hembra (600 g), esta última fue la que resultó muerta después de intentar atacarlo. Este tipo de comportamiento ha sido observado en el medio natural únicamente para especies como *O. cyanea*, *Thaumoctopus mimicus* y *Wunder photogenicus* por Huffard & Bartick (2015), sin embargo, a diferencia de estas especies, las agresiones de *O. insularis* observadas en este trabajo iniciaron únicamente de 3 a 5 días después de varios procesos de apareamiento y no inmediatamente después del mismo. Lo anterior podría ser indicativo de que *O. insularis* recurre a varios eventos reproductivos con el mismo o distintos machos para asegurar la inseminación y sólo a partir de este momento recurre a la agresión. Esta es la primera ocasión que se registra este tipo de comportamiento reproductivo agresivo en las diversas especies de octópodos que se han estudiado en cautividad.

Tras la muerte de los machos y su retirada del tanque, el comportamiento de las hembras primero se normalizó y después se mostraron más tímidas. Dos de las tres hembras comenzaron a refugiarse de tres a cinco días previos al desove y dejaron de alimentarse de tres a cuatro días previos al desove, similar a lo observado por Lenz *et al.* (2015) para *O. insularis* y por Iglesias *et al.* (2004) para *O. vulgaris*. El proceso completo de desove de *O. insularis* duró de 5 a 7 días, similar a lo descrito por Lenz *et al.* (2015) para ejemplares de la misma especie originarios de Brasil.

Sin embargo, se observó que una de las hembras permaneció fuera del refugio hasta el día del desove y dejó de alimentarse un día antes del mismo. Después de 10 a 15 días de los procesos de cópula se obtuvieron 3 desoves, lo que indica que el comportamiento de agresión intraespecífica no fue un impedimento para la reproducción exitosa de esta especie. Por el contrario, el canibalismo sexual podría representar una característica reproductiva de *O. insularis*.





Conclusiones

1.- La especie *O. insularis* se adapta fácilmente al cautiverio aceptando alimento congelado (caracol, cangrejo y pescado) y eligiendo como refugio “casitas” fabricadas con cerámica. 2.- La especie *O. insularis* presenta interacciones agresivas intraespecíficas frecuentes después de la cópula, que incluyen la constricción y el canibalismo sexual. 3.- Es factible lograr la reproducción de la especie *O. insularis* si se provee de las condiciones adecuadas de aclimatación y de los parámetros físico-químicos del agua. 4.- La capacidad de la especie *O. insularis* para adaptarse a las condiciones de cautiverio favorece su reproducción y define a *O. vulgaris* como una especie con potencial para el cultivo acuícola, lo que debe ser tomado en cuenta para investigaciones posteriores.

Literatura citada

- Aaronson, S. 1986. A role for algae as human food in antiquity. *Food and Foodways* 1:311–315.
- Borges, D. A. 2013. *Octopus insularis*: descrição de desova e paralarvas recém-eclodidas, cultivo de sub-adultos em diferentes sistemas e aspectos da fisiologia digestória de animais selvagens e cultivados. Tesis de Doctorado. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza-CE. 119 p.
- Bouth, H. F., T. S. Leite, F. D. de Lima and J. E. Oliveira L. 2011. Atol das Rocas: an oasis for *Octopus insularis* juveniles (Cephalopoda: Octopodidae). *Zoología* 28(1):45-52.
- Caverivière, A., F. Domain, y A. Diallo. 1999. Observations on the influence of temperature on the length of embryonic development in *Octopus vulgaris* (Senegal). *Aquatic Living Resources* 12:151-154.
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2017. México, tercer productor mundial de pulpo, “un manjar de los mares”. <http://www.gob.mx/conapesca/articulos/mexico-tercer-productor-mundial-de-pulpo-un-manjar-de-los-mares> [consultado el 14 de junio de 2017].
- Díaz-Álvarez, A. G. 2011. Edad y crecimiento de pulpo *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis Maestría. Universidad Veracruzana.





- Flores-Valle, A., R. Pliego-Cárdenas, M. L. Jiménez-Badillo, J. L. Arredondo-Figueroa, Barriga-Sosa, I. LA. 2018. First record of *Octopus Insularis* Leite y Haimovici, 2008 in the octopus fishery of a marine protected área in the Gulf of México. *Journal of Shellfish Research*. 37(1):221-227.
- Gutiérrez, R., A. Farías, G. Yany y I. Uriarte. 2012. Interacciones macho-hembra del pulpo rojo patagónico *Enteroctopus megalocyathus* (Cephalopoda: Octopodidae) durante el comportamiento de apareamiento. *Latin American Journal of Acuatic Research*. 40:808–812.
- Hanlon, R.T. and J. W. Forsythe. 2008. Sexual cannibalism by *Octopus cyanea* on a Pacific coral reef. *Mar Freshw Behav Phy* 41:19–28.
- Hochberg, F. G., M. D. Norman and J. Finn. 2006. *Wunderpus photogenicus* n. gen. and sp., a new octopus from the shallow waters of the Indo-Malayan Archipelago (Cephalopoda: Octopodidae). *Molluscan Research* 26:128–140.
- Huffard, C. L., R.L. Caldwell and F. Boneka. 2010. Male-male and malefemale aggression may influence mating associations in wild octopuses (*Abdopus aculeatus*). *J Comp Psychol* 124:38–46.
- Huffard, C. L. and P. Godfrey-Smith. 2010. Field observations of mating in *Octopus tetricus* Gould 1852 and *Amphioctopus marginatus* (Taki, 1964). *Molluscan Res* 30:81–86.
- Huffard C. L. and M. Bartick. 2015. Wild *Wunderpus photogenicus* and *Octopus cyanea* employ asphyxiating ‘constricting’ in interactions with other octopuses. *Molluscan Research*. 35:12–16.
- Iglesias J. F., J. Ortero and C. Moxica. 1999. Cultivo de pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier 1797) Situación actual, problemas y perspectivas. 23 p. *In*: Foro Internacional de la conservación de productos de la pesca de Galicia. 50 Aniversario ANFACO CECOPESCA. Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Vigo-España.
- Iglesias J., J. J. Otero, C. Moxica, L. Fuentes y F. J. Sánchez. 2004. The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarvae rearing using and first data on juvenile growth up to 8 months of age. *Aquaculture International* 12:481-487.





- Jantzen, T. M. and J. N. Havenhand. 2003. Reproductive behavior in the squid *Sepioteuthis australis* from South Australia: Ethogram of reproductive body patterns. *Biol. Bull.* 204(3):290–304.
- Jiménez-Badillo, M. L., R. E. Río-Rodríguez, M. I. Gómez-Solano, A. Cu-Escamilla y D. Méndez-Aguilar. 2008. Madurez gonádica del pulpo *Octopus vulgaris* en el Golfo de México: Análisis macroscópico y microscópico. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México. 48 p.
- Leite, T. S., M. Haimovici, W. Molina and K. Warnke. 2008. Morphological and genetic description of *Octopus insularis*, a new cryptic species in the *Octopus vulgaris* complex (Octopodidae) from the tropical southwestern Atlantic. *Journal of Molluscan Studies.* 74:63–74.
- Lenz, T. M., N. H. Elias, T. S. Leite and E. A. G. Vidal. 2015. First description of the eggs and paralarvae of the tropical octopus, *Octopus insularis*, under culture conditions. *American Malacological Bulletin.* 33(1):101–109.
- Lima, F. D., W. M. Berbel-Filho, T. S. Leite, C. Rosas and S. M. Q. Lima. 2017. Occurrence of *Octopus insularis* Leite and Haimovici, 2008 in the Tropical Northwestern Atlantic and implications of species misidentification to octopus fisheries management. *Marine Biodiversity.* 47:723-734.
- Mather, J. A. 1985. Behavioural interactions and activity of captive *Eledone moschata*: Laboratory investigations of a “social” octopus. *Animal Behaviour* 33(4):1138-1144.
- Morales-Ortega, J. C. 2009. Desarrollo embrionario del pulpo *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) proveniente del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Americas Puebla. 69 p.
- Rocha, F., A. Guerra and F. González. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biological Reviews* 76: 291–304.
- Salman, A. and M. Akalin, 2012. A rare pelagic cephalopod *Ocythoe tuberculata* (Octopoda: Argonautoidea): the record fecundity for Octopoda and new data on morphometry. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12:339-344.
- Sainz, J. 1998. El engorde del pulpo, un negocio con futuro. *Europa Azul.* 60-63 pp.
- Villanueva, R. and M. Norman. 2008. Biology of the planktonic stages of benthic octopuses. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 46:105–202.





DIAGNÓSTICO PARASITOLÓGICO EN *Oreochromis* spp. EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA - REGIÓN TIERRA CALIENTE DE GUERRERO

Ludybed Escobar Sarabia^{245*}, Diana Pérez de Jesús²⁴⁵, Francisco Zavala Hernández²⁴⁵, María Lucrecia Flores Lopez²⁴⁵, Rodríguez Torres César del Ángel²⁴⁵ y Reyna Vergara Hernández²⁴⁵

Resumen

La ONU estima una población mundial de 7000 millones de habitantes, para los cuales se necesita producir alimentos. El pescado y los productos pesqueros representan una fuente muy valiosa de proteínas. En el mundo la pesca de captura y la acuicultura, suministraron unos 148 millones de toneladas, de los cuales aproximadamente 128 millones de toneladas fueron destinadas para el consumo humano. En México la producción ha sido de gran importancia económica para varios estados del país, es por ello que su producción se ha llevado a grandes escalas. El presente trabajo se realizó en la Región Tierra Caliente de Guerrero, los resultados fueron analizados en el laboratorio de Zoología del Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. Se cubrió un aproximado del 99% del muestreo del total de unidades acuícolas productoras de Tilapia y se realizó un estudio de vigilancia epidemiológica activa y pasiva cubriendo 50 unidades de producción de la Región calentana, seleccionadas y muestreadas durante marzo 2017- febrero 2018. A la par se tomó una muestra al azar de 10 organismos por UPAS (unidad de producción) en 50 granjas. Tomando los parámetros físico-químicos, el porcentaje de prevalencia la intensidad promedio y el rango de intensidad para su análisis parasitológico en laboratorio. Los resultados mostraron que el monogéneo *Cichlidogyrus sclerosus*, y el protozoario *Trichodina* sp., son los parásitos que más prevalecen en las Tilapias producidas en granjas en la región calentana de Guerrero.

Palabras clave: Acuicultura, Sanidad acuícola, Tilapia, Parásitos

²⁴⁵ Academia de Biología, Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. escobar8322@yahoo.com.mx.





Introducción

La Tilapia es originario de África, es un pez tropical dulceacuícola, es un organismo preferido por acuicultores, debido a su facilidad de cultivo, pues, es un pez que se adapta a aguas cálidas, dulces, salobres o salinas. Esta adaptación ha mejorado debido a generación de líneas resistentes (manejo de cruza) como el caso del pez pargo UNAM y porque se han mejorado las técnicas de cultivo en ambientes controlados (Arboleda, 2005). La tilapia ocupa un lugar importante en la producción de las especies de peces por acuicultura, siendo China el principal país productor en el mundo. En México, según datos oficiales de CONAPESCA (2012) se producen alrededor de 80,000 toneladas al año. En el estado de Morelos se producen alrededor de 360 toneladas.

Este organismo es producido en muchos países del mundo debido a su fácil manejo, adaptación y resistencia. Los estudios de distintos agentes que afectan a las tilapias han sido estudiados ya por diversos autores, sin embargo, la manifestación de las enfermedades, su prevalencia, distribución en espacio y tiempo dependen de diferentes factores desencadenantes tanto del agente, huésped y ambiente (FAO, 2012). En la producción de peces de agua dulce siguen predominado las carpas (71,9%, 24,2 millones de toneladas, en 2010).

La producción de tilapia tiene una amplia distribución; el 72% se cría en Asia (sobre todo en China y el sudeste asiático), el 19% en África y 9% en América. La tilapia ocupa un lugar importante en la producción de las especies de peces, siendo China el principal productor seguido de Egipto, Tailandia e Indonesia (FAO, 2012). La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), ha desempeñado su cometido bajo la autoridad y el control de una asamblea mundial, compuesta de delegados que designan los gobiernos de los países miembros. Garantizando la transparencia de la situación zoonosológica en el mundo. Recopilando, analizando y difundiendo la información científica veterinaria.

En México la autoridad responsable de salvaguardar la inocuidad y sanidad de los productos agroalimentarios es el SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), órgano desconcentrado de la SAGARPA. Anteriormente el estudio y la investigación por los ectoparásitos no eran del todo prioritarios, sin embargo con el paso de los años los investigadores se dan cuenta que es de gran importancia el estudio y





examinación de los ectoparásitos en la acuicultura, principalmente en el cultivo de Tilapia. Hasta nuestros tiempos se ha llevado un gran avance sobre las investigaciones de estos parásitos, sin embargo no es suficiente debido a que las aguas son cada día se encuentran más contaminadas, lo cual tiene como consecuencia la presencia de nuevos parásitos en la producción de Tilapia (Aburn University, 2001).

La detección de las enfermedades de los animales acuáticos, radica en la identificación específica de los agentes patógenos para determinar el estado sanitario. Las enfermedades de la tilapia llegan a causar pérdidas en una unidad de producción acuícola ya sea a un menor índice de crecimiento y de reproducción de los peces; un mayor costo de alimentación debido a la pérdida de apetito y el desperdicio de alimentos sin consumir; aumento de vulnerabilidad a depredadores; susceptibilidad a la baja calidad del agua y, como consecuencia la muerte de los peces (Espinosa, 2014).

Materiales y métodos

Obtención de muestras

Para fines del presente trabajo, sólo se utilizaron datos de 50 unidades de producción acuícola mismas que representa el 99% del total de las unidades de producción de tilapia de la región calentana. Fueron colectados en las unidades seleccionadas, analizadas y procesadas en el Laboratorio de Zoología del Instituto Tecnológico de Cd. Altamirano. En seguida se tomó una muestra de 10 organismos por UPAS al azar en 50 granjas. Tomando los parámetros físico-químicos, el porcentaje de prevalencia la intensidad promedio y el rango de intensidad para su análisis parasitológico, en el laboratorio.

Preparación de muestras para su análisis

El análisis parasitológico consistió en realizar el sacrificio de los peces, acezando la cavidad craneal con la ayuda de tijeras con el fin de destruir la masa encefálica, se continuó a colocar los ejemplares en charola de acero inoxidable. Una vez colocados en charola, se procede a determinar las dimensiones de cada uno de los ejemplares, con una regla se registraron las medidas (cm) de longitud total (LT), longitud Patrón (LP), Longitud Cefálica (LC) y Altura





Máxima (AM). Se anotaron los datos en una hoja de registro consistiendo en la fecha de análisis de las muestras, las medidas de los peces, el tipo de organismo, la cantidad de carga parasitaria y el lugar del hospedero donde fueron encontrados.

Análisis parasitológico externo

Cada ejemplar se analizó, observando detenidamente la superficie general del cuerpo, ante presencia de lesiones, o de alguna especie parasitaria. Revisado de la superficie corporal y cavidades naturales del cuerpo que tienen comunicación al medio externo de los ejemplares. Se examinó la piel de organismos frescos, con raspados cutáneos en laminillas porta y cubre objetos, obteniendo muestras en capa fina de mucus, para su posterior estudio en el microscopio compuesto. De forma individual se examinaron las aletas; Dorsal, Caudal, Anal, Pélvica, Pectoral y Ventral, realizando cortes de cada una de ellas, mismas que fueron colocadas en cajas Petri, para posteriormente proceder a la revisión de ambas cajas bajo el microscopio estereoscópico.

Análisis parasitológico interno

Para la revisión interna se extrajeron los órganos de cada muestra, haciendo un corte longitudinal en la parte pélvica o ventral, con detenido cuidado para no dañar ningún órgano. El examen interno se realizó haciendo una incisión en la línea media ventral del cuerpo, hasta el ano y el orificio genital, para levantar toda la pared lateral y dejar al descubierto todo el aparato digestivo, el aparato urogenital y los demás órganos. Posteriormente se extrajo el paquete visceral, donde los diferentes órganos fueron separados y colocados en cajas de Petri con solución salina al 0.70%, removiendo los órganos de cada aparato y sistema. El análisis consistió en el desgarramiento de cada órgano, con agujas de disección y bajo microscopio estereoscópico. Los parásitos encontrados fueron separados con la ayuda de pinceles y depositados en viales con formol al 4%. Los parásitos que se recolectaron en fresco con la ayuda de pinceles finos y agujas de disección, se montaron en portaobjetos, después se colocó un cubreobjetos para su observación.





Resultados

Parásitos diagnosticados

Se tomaron en cuenta 50 UPAS para el análisis parasitológico sobre las que se realizó el estudio completo y en 27 UPAS se tomaron los datos de los expedientes que se encontraban sin procesar, esto se hizo con la finalidad de recopilar los datos y divulgar la información a los productores, encontrándose los siguientes parásitos monogéneos de virus protozoarias. Los parásitos: monogéneos (*Gyrodactylus* sp., *Ciclidogyrus sclerosus*, *Enterogyrus* sp.); protozoarios (*Ambiprya* sp., *Apiosoma* sp., *Epistylis* sp., *Trichodina* sp.) Los parásitos que más prevalecieron en las unidades de producción acuícola que se trabajaron fueron: *Ciclidogyrus sclerosus*, *Trichodina* sp, *Gyrodactylus* sp, *Enterogyrus* sp, *Ambiprya* sp, *Apiosoma* sp, *Epistylis* sp. como se puede observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Casos positivos y nombres de los parásitos en las unidades muestreadas.

Agente	Casos
<i>Ciclidogyrus sclerosus</i>	38
<i>Trichodina</i> sp.	32
<i>Gyrodactylus</i> sp.	14
<i>Enterogyrus</i> sp.	14
<i>Ambiprya</i> sp.	6
<i>Apiosoma</i> sp.	1
<i>Epistylis</i> sp.	1

Prevalencia, signos y distribución de los parásitos

El mayor porcentaje de prevalencia de *Oreochromis sclerosus* fue de 76%, equivalente a 50 unidades acuícolas y *Trichodina* sp. con 64% de presencia, equivalente a 38 unidades acuícolas (Figura 1).



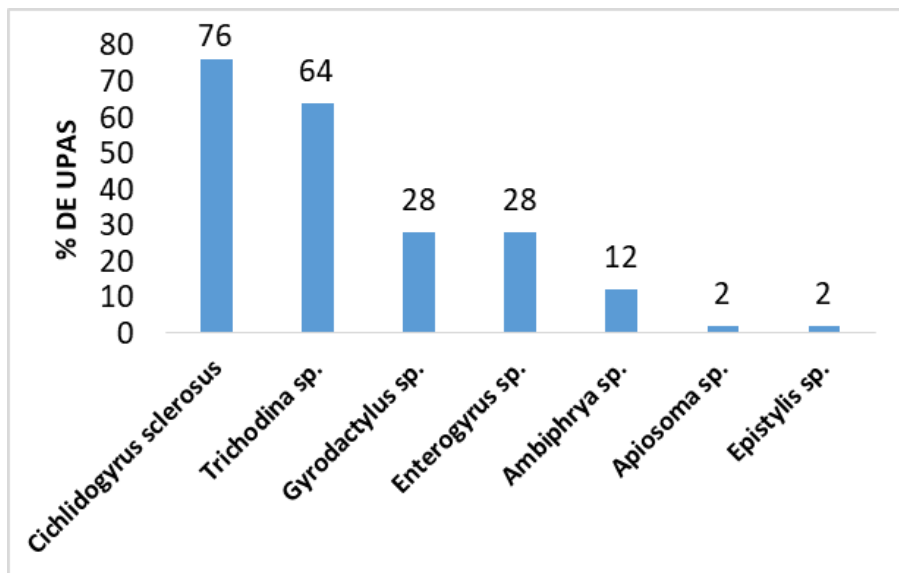


Figura 1. Porcentaje de prevalencia de agentes analizados.

La distribución estacional de los agentes encontrados o registrados en las muestras analizadas, en las UPAS donde se encontró que el *Cichlidogyrus sclerosus* y la *Trichodina sp.* fueron los parásitos que más prevalecen en todo el año a excepción de noviembre y diciembre donde no se realizaron análisis en *Oreochromis spp.* A diferencia de *Apiosoma sp.* y *Epistylis sp.* que se presentaron en el mes de octubre. Los estudios de detección de parásitos, su prevalencia y distribución por hospedero (pez), son de particular importancia, ya que nos permiten clasificar aquellos que por su impacto en la salud acuícola, incluso salud pública, podrían priorizarse y tomar las medidas adecuadas y oportunas para su prevención y control de los mismos.

Conclusiones

1.- Se cubrió un aproximado del 99% del muestreo del total de unidades acuícolas productoras de Tilapia y se realizó un estudio de vigilancia epidemiológica activa y pasiva cubriendo 50 unidades seleccionadas y muestreadas durante marzo 2017- febrero 2018. 2.- Con respecto a la distribución espacial y temporal, los parásitos que más prevalecen (*Cichlidogyrus sclerosus* y *Trichodina sp.*), encontrándose en casi todos los municipios y durante todos los meses de muestreo.



Agradecimientos

Al Instituto tecnológico de Cd. Altamirano por dar la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

Literatura citada

- Arboleda O. D. A. 2005. Reversión sexual de tilapias Roja (*Oreochromis* sp.). Una guía básica para el acuicultor. Revista electrónica de veterinaria REDVET, España, 12: 1-2 p.
- Auburn, University. 2001. Biología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. 190 pp. In: Alex Bocek, (ed.) Acuicultura y Aprovechamiento del Agua para el Desarrollo Rural. International Center for Aquaculture. Swingle Hall. Auburn University, Alabama 36849-5419. USA.
- SAGARPA. CONAPESCA. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Comisión Nacional de Pesca 2012.
- Espinosa M. A. M. 2014. Informe final de Sanidad Acuícola del Estado de Morelos. Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Morelos. A.C., Zacatepec de Hidalgo Morelos.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Página Mundial para su divulgación.





TENDENCIA HISTÓRICA DE LA PESQUERÍA Y POTENCIAL DE CULTIVO DE LA ALMEJA, EN ALVARADO, VERACRUZ

Brenda Priscila Oviedo Velázquez²⁴⁶, Víctor Martín Zárate Noble²⁴⁶ y María de la Luz Juárez
Villalobos²⁴⁶

Resumen

La mayoría de las especies de almejas en Veracruz son explotadas en la cuenca del río Papaloapan, que incluye el Sistema Lagunar de Alvarado. La captura comercial se compone de almeja gallito (*Rangia cuneata*), almeja casco de burro (*R. flexuosa*) y almeja negra, prieta o de lodo (*Polymesoda caroliniana*). Este recurso constituye una pesquería de gran relevancia por ser el sostén de un numeroso grupo de pescadores y sus familias. El objetivo de este trabajo fue analizar la tendencia histórica de la pesquería de almeja en Alvarado, Ver., para determinar su estatus y promover la incorporación de actividades acuícolas a fin de conservar el recurso y reducir el impacto de la pesquería. Se obtuvieron datos de los avisos de arribo de la producción pesquera de almejas de la oficina de Alvarado del año 1998 a 2015, con los cuales se elaboró una tendencia de las capturas. Se observó que la extracción de las tres especies ha tenido importantes variaciones a lo largo de estos años, las tres especies de almeja presentaron picos de producción en los años 2006 (almeja burra con alrededor de 700 t) y en 2012 (almeja negra y gallito con más de 650 t) sin embargo, según la tendencia en los últimos años su extracción ha disminuido. Adicionalmente se obtuvieron promedios de tallas y peso de un muestreo en julio de 2018 para cada una de las tres especies, los cuales indican que las tallas de captura se encuentran entre las reportadas anteriormente por otros autores. Es necesario promover la investigación acuícola como una alternativa, a fin de conservar y recuperar el recurso y reducir el impacto de la pesquería en donde las poblaciones han sido mermadas. Se concluye que se requiere urgentemente efectuar una actualización de la distribución, estimación de la biomasa y densidades de las diversas especies que componen este recurso, ya que hay evidencia de especies de mejillones de agua dulce que están siendo reportadas como almejas.

²⁴⁶ Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura-Unidad Veracruz.* oviedo.priscila@gmail.com





Palabras clave: *Rangia cuneata*, *Rangia flexuosa*, *Polymesoda caroliniana*, investigación acuícola

Introducción

En México la producción de almeja en 2014 fue de 28,062 t, con un valor total de \$ 276.813 millones de pesos, por su volumen se encuentra posicionada en el lugar 13 de la producción pesquera nacional, y en el lugar 14 por su valor. De la producción total nacional de almeja, el 9.24% del volumen se obtuvo en las costas de Veracruz, provenientes en su mayoría de pesca artesanal de río (SAGARPA, 2014). Aunque las almejas se consideran un recurso que puede alcanzar altos valores en el mercado nacional y con demanda en el mercado internacional, sus pesquerías no se han desarrollado igual en todos los estados litorales del país. Se explotan principalmente en Baja California Sur, mientras que en los otros estados su captura es mínima, cotizándose las especies del Golfo de México muy por debajo de las especies del Pacífico (Baqueiro, 2004).

En Veracruz, la mayoría de las especies que componen este recurso son explotadas en la cuenca del río Papaloapan, que incluye el Sistema Lagunar de Alvarado con 37 cuerpos de agua entre lagunas y ríos que suman alrededor de 6, 404 ha. La explotación de estas especies es por métodos artesanales, empleando desde la recolección a mano, tenazas, dragas y cucharas operadas desde cayucos y lanchas para la extracción de las almejas. También son extraídas recogiendo manualmente del fondo, siendo detectadas con el pie descalzo o mediante buceo libre a una profundidad de entre 2 y 3 metros (Baqueiro, 2004).

La captura comercial de las almejas en el Golfo de México y Mar Caribe en 2008 (González *et al.*, 2008) se compuso de almeja gallito (*Rangia cuneata*, Gray, 1831), almeja casco de burro (*R. flexuosa*, Conrad, 1839), almeja negra, prieta o de lodo (*Polymesoda caroliniana*, Bosc, 1802), almeja blanca (*Codakia orbicularis*, Linnaeus, 1758), almeja bola (*Mercenaria campechiensis*, Gmelin, 1791) y almeja plana (*Isognomon alatus*, Gmelin, 1791), siendo el estado de Veracruz el principal productor de almeja en el Atlántico mexicano, en el período 1993-2004 aportando el 94% de la captura total de México con 15,505 t (SAGARPA, 2004).





La almeja gallito *R. cuneata* es una especie estuarina que habita en lagunas costeras y esteros de baja salinidad, enterrada en sustratos blandos, su distribución abarca todo el Golfo de México. Habita en fondos limosos con alto contenido de materia orgánica. En las lagunas mexicanas se le encuentra asociada con *R. flexuosa* y *Polymesoda caroliniana*. Es la especie objetivo de la pesquería de laguna del Golfo de México, mientras que *R. flexuosa* y *P. caroliniana* son incidentales, la primera por su menor talla y la segunda por su baja densidad. Actualmente sólo se observan capturas comerciales en la laguna de Alvarado, Veracruz (Baqueiro, 2004). Es la principal especie capturada por los pescadores, la de mayor demanda y mejor cotizada, su importancia económica deriva en que es una especie apreciada como alimento, por lo que ha sido la más explotada de las tres especies que habitan la cuenca del río Papaloapan (Rogers y García-Cubas, 1981).

Al igual que en otras pesquerías de moluscos, las estadísticas oficiales no diferencian entre especies, aun cuando se trate de especies de agua dulce, estuarina o marina. Antes de 1992, en la Oficina de Pesca de Alvarado se registraba el producto como almeja, sin distinguir especies. A partir de ese año se empezaron a registrar dos: la almeja gallo y la almeja prieta; en 1993 se integró al registro la almeja casco.

En Veracruz, las almejas de río constituyen una pesquería de gran relevancia por ser el sostén de un numeroso grupo de pescadores y sus familias, proporcionando empleo e ingreso en las comunidades rurales. Tan solo la pesquería de *R. cuneata* es la única fuente de sustento de alrededor de 400 a 500 familias. Los mayores registros de producción de almejas se dan en Alvarado y Tlacotalpan. Por esta razón, el objetivo de este trabajo es analizar la tendencia histórica de la pesquería de almeja en Alvarado, Veracruz para determinar su estatus y promover la incorporación de actividades acuícolas a fin de conservar el recurso y reducir el impacto de la pesquería.

Materiales y métodos

Se obtuvieron datos de los avisos de arribo de la producción pesquera de almejas de la oficina de Alvarado y Tlacotalpan (las zonas de mayor extracción en el Golfo de México). Con esta información se graficó la tendencia de las capturas del año 1998 a 2015, de las tres



especies reportadas: *R. cuneata*, *R. flexuosa* y *Polymesoda caroliniana*. Asimismo, se realizó un muestreo en el Sistema Lagunar de Alvarado en julio de 2018, dónde se obtuvieron muestras de almejas. Este sistema lagunar se ubica en la parte noroeste central del Golfo de México, está compuesto por varias lagunas: Camaronera, Buen País, Alvarado, Tlalixcoyan y Popuyeca entre otras (Figura 1).

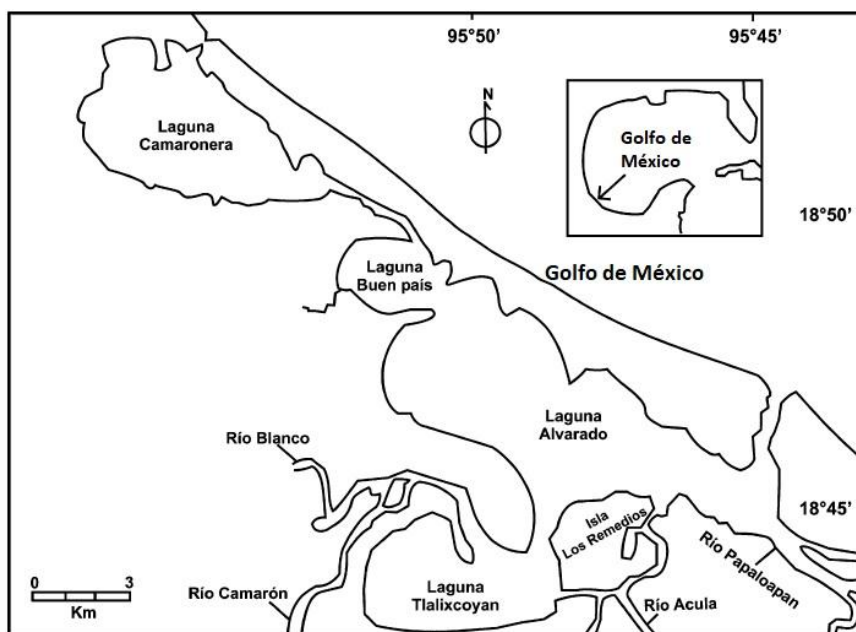


Figura 1. Sistema Lagunar de Alvarado (Tomado y modificado de Cruz-Escalona *et al.*, 2007).

El Sistema Lagunar de Alvarado se extiende paralelamente a la línea de costa en dirección este-oeste por aproximadamente 17 km, tiene un ancho máximo de 4.5 km y un área de 64 km². El agua se intercambia con el Golfo de México a través de un canal. Es un sistema somero, con una profundidad promedio de dos metros y está influenciado por varios ríos (Papaloapan, Blanco, Acula) que liberan masas de agua dulce estacionalmente.

De las muestras colectadas en julio de 2018, también de las tres especies mencionadas anteriormente, se obtuvieron las medidas de largo y ancho de la concha con un vernier, así como peso con concha y peso sin concha con una balanza digital. Estos datos sirvieron para tener una aproximación de la relación de tallas de las almejas en el sistema lagunar y hacer comparaciones con lo reportado por otros autores.



Resultados y discusión

La tendencia de las capturas del año 1998 a 2015 (Figura 2) muestra que la extracción de las tres especies ha tenido importantes variaciones a lo largo de estos años, puede observarse que las tres almejas presentaron picos de producción en los años 2006 (almeja burra con alrededor de 700 t) y 2012 (almeja negra y gallito con más de 650 t).

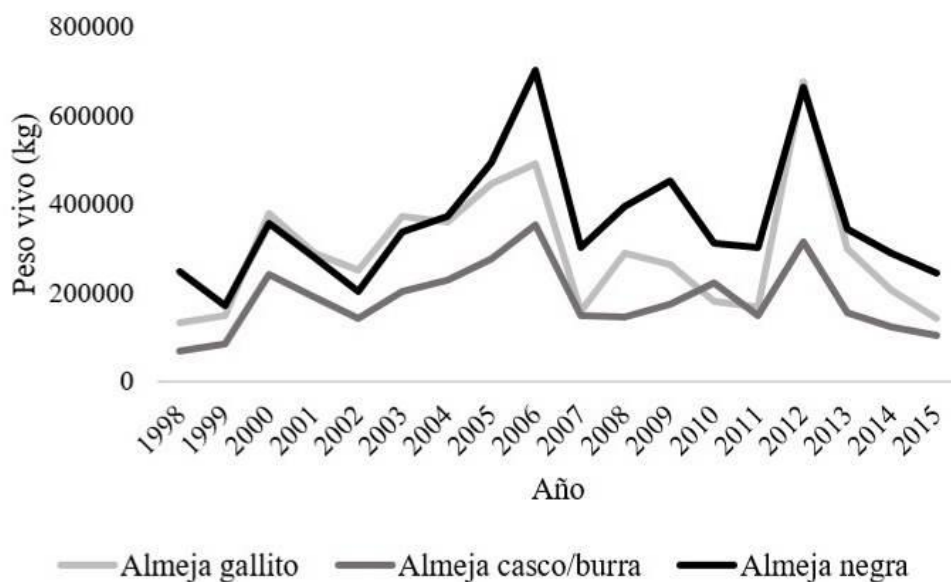


Figura 2. Tendencia de las capturas en el Sistema Lagunar de Alvarado, de acuerdo a los datos de producción oficiales (avisos de arribo) de las almejas *R. cuneata*, *R. flexuosa* y *Polymesoda caroliniana*.

Es necesario no incrementar el esfuerzo de pesca, ya que en los últimos años se observa una tendencia a la baja y las 3 especies muestran rasgos de sobreexplotación al mantenerse a niveles < 50% del pico máximo de producción (Froese y Kesner-Reyes, 2002), por esta razón se considera estar a tiempo para desarrollar investigación acuícola para sentar las bases y requerimientos de estas especies de importancia en el estado de Veracruz y así poder implementar el cultivo de estas almejas, para en un futuro no tener que depender de la pesquería y a su vez involucrar a los pescadores para que desarrollen estas actividades.

También es preciso tener un mayor control en las oficinas de pesca con los datos que se reportan de arribo, una buena opción sería elaborar un catálogo para la correcta identificación de las almejas, esto ayudaría a que las estadísticas pesqueras fueran más





precisas, ya que aún hay cierta inconsistencia en los datos de arribo que se reportan, por la incorrecta identificación o asignación de las especies. Ya que como mencionan Echevarría-Reyes *et al.* (2002) las estadísticas oficiales reunidas por el gobierno federal de México engloban todas las especies de almeja, por esta razón las capturas de las diferentes especies de almejas no pueden ser determinadas con exactitud.

De acuerdo con las cifras oficiales la composición de las capturas en los últimos años en Alvarado, predomina la almeja negra con más del 50%, a pesar de que esta especie está sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010). En segundo lugar se encuentra la almeja gallito (Figura 3), que es considerada la especie objetivo de la pesquería de laguna del Golfo de México (Rogers y García-Cubas, 1981; Baqueiro, 2004).

■ Almeja gallito ■ Almeja casco/burra ■ Almeja negra

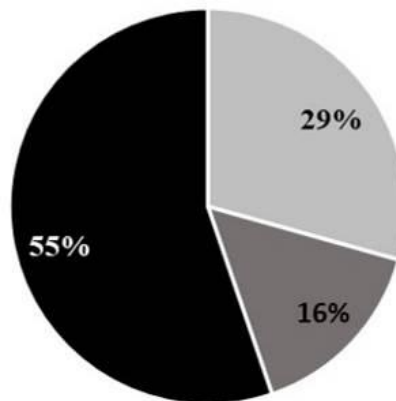


Figura 3. Composición por especie de almejas de las capturas en el Sistema Lagunar de Alvarado de 1998-2015, de acuerdo a los datos de producción oficiales (avisos de arribo).

En la Figura 4 puede observarse la proporción por especie de las capturas anuales. La almeja negra se encuentra casi siempre en mayor proporción en las capturas, tan solo en los años 1998, 2007, 2009 y 2015 conforme el 50% de la captura en Alvarado. Su explotación debe vigilarse al igual que las cuotas para su captura, debido a que es una especie que ya se considera en protección especial y si la tendencia de su pesquería continua igual podría colapsar, por lo que es necesario desarrollar investigación acuícola para implementar su cultivo para conservar el recurso. La extracción de la almeja gallito se ha mantenido constante a lo largo del tiempo; sus mayores capturas se presentaron en los años 2002,





2003 y 2012, en 2015 su pesquería disminuyó un 12% de acuerdo a lo reportado en los años anteriormente mencionados. Por su parte la almeja casco o burra se ha pescado en menor proporción, comparada con las otras dos especies y su porcentaje de extracción se ha mantenido constante en el período comprendido de 1998 a 2015; presentándose su mayor porcentaje de captura en el año 2010. De acuerdo a los criterios de clasificación de FAO (Froese y Kesner-Reyes, 2002) la pesquería en Veracruz está en su punto de máxima explotación.

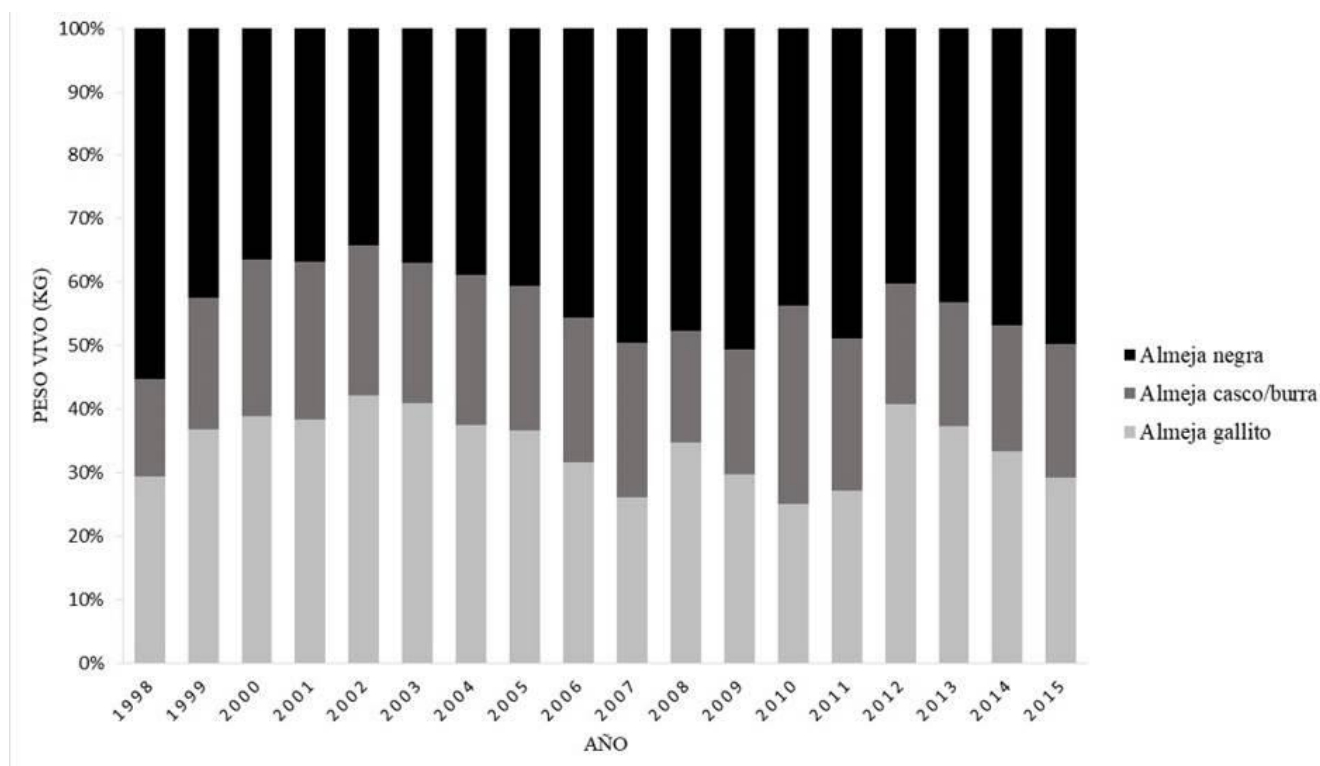


Figura 4. Proporción por especie de las capturas anuales en el Sistema Lagunar de Alvarado, de acuerdo a los avisos de arribo.

Con los datos obtenidos en el reciente muestreo, se obtuvieron promedios de tallas y peso para cada una de las tres especies presentes en el Sistema Lagunar de Alvarado, los cuales indican que para la almeja casco/burro (*R. flexuosa*) la talla máxima encontrada fue 42 mm y la menor fue de 25 mm; el mayor número de organismos estuvieron comprendidos en los 33 mm. Por su parte para la almeja negra (*P. caroliniana*) la talla máxima encontrada fue 43 mm y la menor fue de 32 mm; el mayor número de organismos estuvieron comprendidos en los





38 mm. Por último, para la almeja gallito (*R. cuneata*) la talla máxima y mínima encontrada fue 54 y 23 mm respectivamente, la mayoría se encontró en los 35 mm.

Es importante mencionar que las almejas negra y gallito se encontraron en mayor proporción, mientras que la almeja caso/burra se encontraron pocos ejemplares. Por su parte Guerrero-Ríos *et al.* (2015) evaluaron la composición de tallas de la almeja *R. cuneata* y encontraron que la talla máxima registrada fue 59.6 mm y la menor fue 11.24 mm. El mayor número de organismos estuvieron comprendidos entre 30-35 mm. Los datos estudiados son muy similares a los resultados obtenidos con el muestreo realizado. Se encontró que las tallas son menores en los meses de julio y septiembre. Es preciso señalar que se encontraron organismos de tamaño pequeño durante todo el tiempo que comprendió el estudio, lo que sugiere que se tiene un ciclo reproductivo continuo. Otra causa probable del menor tamaño encontrado que sugieren los autores, es la explotación continua a la que está sometida la especie.

Conclusiones

1.- Las tres especies de almejas presentaron picos de producción en los años 2006 y 2012, aunque en los últimos años se observa una tendencia de merma en producción. Lo que indica que no se debe incrementar el esfuerzo de pesca. 2.- Los resultados del análisis de la información y del muestreo realizado, generan focos de alerta enfocados a la necesidad de conservar y recuperar la producción de este recurso acuícola y reducir el impacto de la pesquería en donde las poblaciones han sido mermadas. A promover la clasificación y certificación sanitaria de las zonas de aprovechamiento, además de transferir el esfuerzo pesquero a esfuerzo acuícola. 3.- Resulta imperante efectuar una actualización de la distribución, estimación de la biomasa y densidades de las diversas especies que componen este recurso. Las entrevistas realizadas a los pescadores señalan la presencia de mejillones de agua dulce que se reportan como almejas. 4.- La almeja negra se encuentra en estado de protección especial y a pesar de ello, se sigue extrayendo en mayor cantidad que las otras dos especies de almejas consideradas en este estudio.





Recomendaciones

1. Es necesario desarrollar investigación acuícola para implementar el cultivo y conservación del recurso; de mantener la tendencia al alza en su pesquería, la especie podría colapsar.
2. Normar y soportar técnicamente las tallas mínimas de extracción de las distintas especies de almejas. Para *R. cuneata* la talla permitida de captura es de 35 mm; sin embargo, se extraen tallas menores.

Literatura citada

- Baqueiro C., E. R. 2004. Estado actual de los recursos malacológicos del Golfo de México. p. 323-360. In: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (compiladores). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. SEMARNAT-INE-IE, AC.-Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.
- Cruz-Escalona, V. H., F. Arreguín-Sánchez y M. Zetina-Rejón. 2007. Analysis of the ecosystem structure of Laguna Alvarado, western Gulf of Mexico, by means of a mass balance model. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72(1-2): 155-167.
- DOF 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México, 30 de diciembre del 2010.
- Echevarría Reyes, V. J., A. Pech-Paat, E. Baqueiro-Cárdenas y C. Re-Regis. 2002. Pesquería de Almeja. p. 229-232. In: Guzmán, A., B. Quiroga, C. Díaz, L. C. Contreras y G. Silva (eds.). La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de Desarrollo. Instituto Nacional de la Pesca y Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver.
- Froese, R. y K. Kesner-Reyes. 2002. Impact of Fishing on the abundance of marine species. ICES Committee Meetings Documents, CM 2002 (L:12).
- González Ocaranza, L., J.L. Oviedo Pérez, L.E. Martínez Cruz y J.J. Rivas Villegas. 2008. La pesquería de almeja en la cuenca baja del río Papaloapan, Veracruz. p. 207-208. In: IV Foro Científico de Pesca Ribereña. Acapulco, Gro., México, 9-11 de septiembre de 2008. INAPESCA.





- Guerrero-Ríos, R. J., N. T. Hernández, N. Espinoza-Rodríguez, H. Barrios-Garrido, M. Montiel, y F. Morales. 2015. Composición de tallas e índice de condición de la almeja estuarina en Curarire, Estado Zulia, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 33(4), 327-336.
- Rogers, P. y A. García-Cubas. 1981. Evolución gonádica a nivel histológico de *Rangia cuneata* (Gray, 1831) de la laguna Pom, Campeche, México (Mollusca: Bivalvia). *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México* 8: 1-20.
- SAGARPA. 2004. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2003. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. México.
- SAGARPA. 2014. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2014. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. México.





APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE CADENA DE VALOR A LA ACUACULTURA ORNAMENTAL VERACRUZANA

Fritz Ruiz Rojas^{247*}, Alberto Asiain Hoyos²⁴⁷, Juan Lorenzo Reta Mendiola²⁴⁷ y Juan Salazar Ortiz²⁴⁸

Resumen

El aumento de la acuicultura ornamental a nivel mundial es innegable, sin embargo, para conocer el estado actual de la actividad, así como sus perspectivas económicas y de crecimiento, es necesario implementar estudios económicos como el del enfoque de cadena de valor. Es por ello que el presente estudio constituye un primer acercamiento al sector acuícola ornamental. Desde esta perspectiva en el estado de Veracruz, se observa a la acuicultura ornamental del Estado, integrada en una cadena productiva (no cadena de valor) estructurada con los siguientes eslabones: proveedores, productores (pequeños y empresariales), mayoristas, minoristas y consumidores, además de ciertos servicios de apoyo. Los márgenes de ganancia son \$300,160 pesos mensuales para el eslabón de producción y de \$326,564.85 pesos mensuales para el eslabón de comercialización; la cadena productiva hallada es similar a otras cadenas acuícolas, pero sin reconocimiento del sector gubernamental, con retos y oportunidades complejos que deben abordarse desde el marco de la formalidad y con un enfoque participativo, que tome en cuenta a los actores de los eslabones estudiados. Se debe destacar que es posible transformar a esta cadena productiva en una cadena de valor puesto que hay márgenes de ganancia considerables entre eslabones y el consumidor final, de no hacerlo podría incidir en la pérdida de competitividad acuícola para el territorio.

Palabras clave: Peces de ornato, agronegocios, cadenas de valor

²⁴⁷ Colegio de postgraduados campus Veracruz. * aasiain@colpos.mx

²⁴⁸ Colegio de postgraduados campus Córdoba.





Introducción

El empleo de peces con fines ornamentales constituye una actividad milenaria. Originalmente estos eran capturados en el medio salvaje y cuando los organismos se adaptaron al cautiverio, comenzaron a reproducirse iniciando así la acuicultura ornamental. En este sentido, la evidencia arqueológica permite establecer que en el antiguo Egipto existió la crianza de peces de ornato en estanques; en China durante la dinastía Sung se desarrolló el cultivo y selección de carpas con el fin de exhibirlas en estanques, resultando la obtención de variedades llamativas conocidas como peces dorados. En Mesoamérica se conoce el uso de organismos acuáticos con propósitos estéticos y rituales, especialmente en Teotihuacán y otros sitios en la cuenca del valle de México (Manzanilla y Serra, 1987). Durante en el siglo XVIII, el entusiasmo por los peces de ornato llegó a América a través de Europa (Vieth et al., 1998) y durante el siglo XX, la introducción de la aviación civil en el periodo posterior a la segunda guerra mundial permitió la expansión de la acuariofilia al introducir nuevas especies de peces de ornato provenientes de captura o cultivo (Tissera, 2010 citado por Jayalal y Ramachandran, 2012).

En México, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (DOF, 2007), define a la acuicultura como “el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, preengorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones ubicadas en aguas dulces, marinas o salobres, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa”. Sin embargo, los estudios que se han realizado respecto a la actividad acuícola ornamental en el país resultan insuficientes ante las necesidades del sector y se concentran principalmente en la zona rural del estado de Morelos. Sin embargo, la actividad acuícola ornamental está presente en 23 entidades del país, donde se cultivan 160 especies y variedades de peces, incluido el estado de Veracruz (Ramírez-Martínez *et al.*, 2010).

Lo anterior demuestra que la piscicultura ornamental se presenta como una actividad económica promisoriosa, y en este sentido se han realizado algunos estudios de cadena productiva en algunas especies acuícolas. Sin embargo, son escasos los estudios con enfoque de cadena de valor, especialmente en el estado de Veracruz, donde la autoridad reconoce pocas unidades de producción a pesar de la tradición acuícola estatal. Es por ello,





que el presente análisis contribuye al entendimiento, mediante un enfoque de cadena de valor, como propuesta para identificar y abordar a los actores que integran la producción y comercialización de peces de ornato en la zona central del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la zona central del estado de Veracruz, durante los años 2015 y 2016, dentro de las áreas de influencia del Colegio de Postgraduados campus Córdoba (Córdoba, Fortín y Orizaba) y Veracruz (Alvarado, Ángel R. Cabada, Boca del Río, Manlio Fabio Altamirano, Medellín, Paso de Ovejas y Veracruz). El análisis de cadena de valor fue abordado con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), empleando principalmente las metodologías propuestas por Porter (1985), Cifuentes-Álvarez *et al.* (2011) y Eguren y Castán (2011). Se diseñaron dos cuestionarios, uno para productores y otro para comercializadores, siendo aplicados con 15 integrantes del eslabón de producción y con 53 integrantes del eslabón de comercialización. En ambos casos se empleó la técnica de muestreo “bola de nieve” (Goodman 1961), para localizar a los actores integrantes de los eslabones en la región. Se analizó la información obtenida mediante los instrumentos de diagnóstico bajo un enfoque mixto y bajo el enfoque de cadena de valor, procediendo a analizar y describir a los eslabones que integran la cadena de peces de ornato para posteriormente obtener los datos del valor que generan los actores que integran los eslabones (llamado también margen o beneficio) obtenido mediante la siguiente fórmula:

Valor creado por el eslabón = \sum (Valor del producto – Costo del producto)

Donde el valor del producto es el valor que genera cada una de las actividades sobre el producto final menos los costos asociados a cada una de ellas (modificado de Eguren y Castán, 2011).



Resultados y discusión

Se identificaron los eslabones que componen a la cadena productiva de peces de ornato en el estado de Veracruz, existiendo así eslabones liderados por la oferta productiva: Proveedores de insumo, productores empresariales y artesanales, mayoristas, todos ellos con escasos servicios de apoyo como asesoría; los eslabones liderados por la demanda son los comercializadores minoristas y los consumidores (Figura 1), obteniendo como resultado que la producción y comercialización de peces de ornato en el estado de Veracruz se hallan insertadas como eslabones dentro de una cadena productiva, pues esta se halla definida por la oferta regional y nacional, donde es patente el escaso flujo de información dentro de la misma cadena.

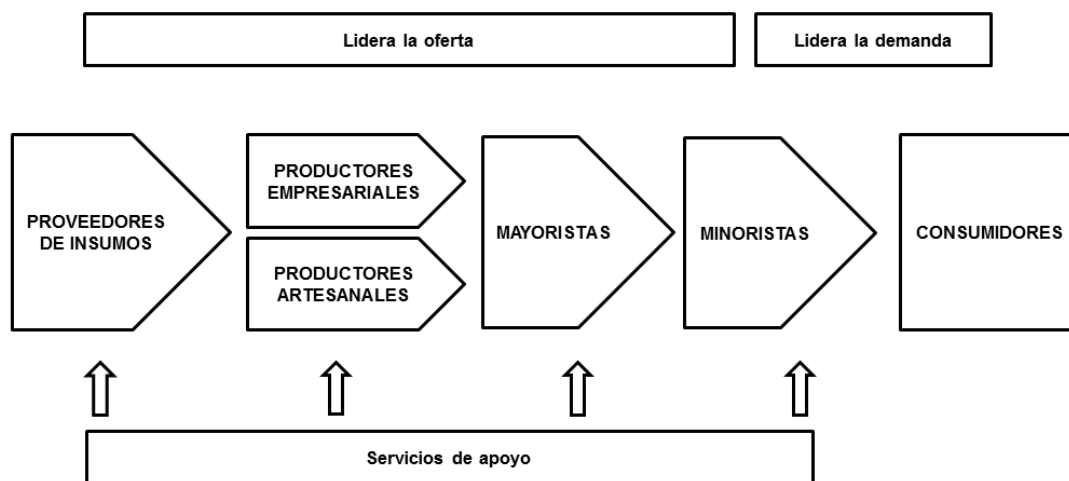


Figura 1. Cadena productiva de peces de ornato. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procedió a identificar a los agentes que intervienen producción y comercialización de peces de ornato incluyendo a la proveeduría y servicios (Figura 2).

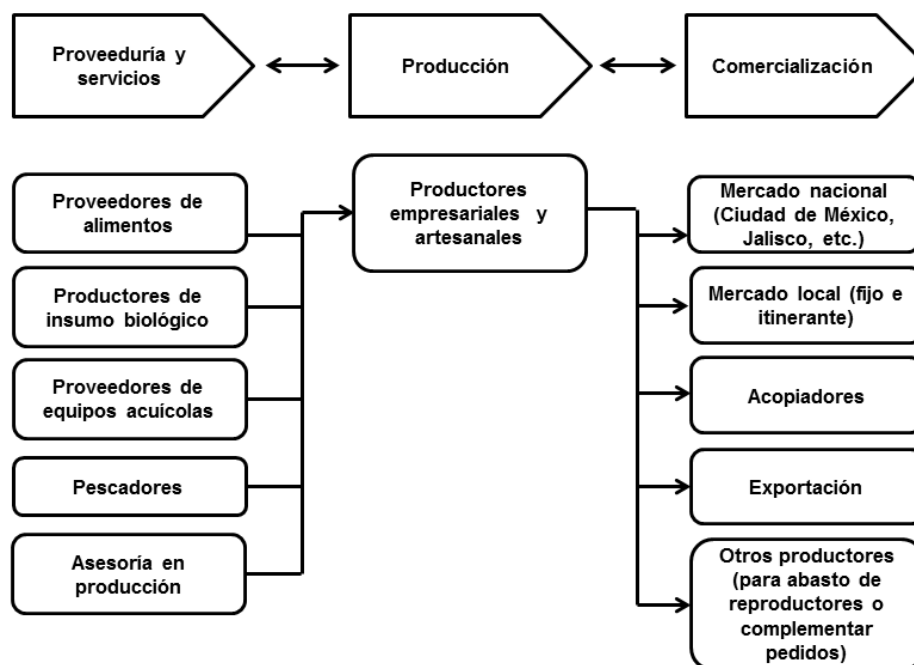


Figura 2. Agentes identificados en la producción y comercialización de peces de ornato. Fuente: Elaboración propia.

Para el eslabón de producción es posible apreciar el margen de ganancia de \$300,160 pesos provenientes de 126,563 peces producidos mensualmente en la región (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor mensual estimado por el eslabón producción en la región.

Especie producida	Número de organismos producidos	Costo estimado de producción	Monto de venta	Margen de ganancia
<i>Betta splendens</i>	1,130	\$6,825	\$19,278	\$12,453
<i>Carassius auratus</i>	3,000	\$2,500	\$10,000	\$7,500
Cíclidos africanos	2,000	\$2,600	\$4,000	\$1,400
<i>Danio rerio</i>	5,3000	\$45,500	\$107,100	\$61,600
<i>Gymnocorymbus ternetzi</i>	6,000	\$6,000	\$13,500	\$7,500
<i>Pangasius sp.</i>	5,833	\$14,583	\$35,000	\$20,417
<i>Poecilia reticulata</i>	9,300	\$13,600	\$56,600	\$43,000
<i>Poecilia sphenops</i>	5,000	\$5,250	\$27,000	\$21,750
<i>Pterophyllum scalare</i>	27,800	\$61,350	\$152,600	\$91,250
<i>Trichogaster chuna</i>	4,000	\$5,000	\$12,000	\$7,000
<i>Trichopodus trichopterus</i>	5,300	\$4,560	\$17,000	\$12,440
<i>Xiphophorus maculatus</i>	4,200	\$3,150	\$17,000	\$13,850
Totales	126,563	\$170,918	\$471,078	\$300,160

Fuente: Elaboración propia.





Para el eslabón de comercialización, los valores obtenidos derivan de la sumatoria de la venta de organismos en total, tanto de la producción local como los provenientes del mercado nacional y extranjero, para así conocer el margen de ganancia total mensual por venta de peces de ornato estimado en \$326,564.85 pesos (Cuadro 2). En este sentido, es necesario señalar que el mayor margen de ganancia para los comercializadores lo constituye la venta de accesorios para la manutención de los peces.

Cuadro 2. Margen de ganancia total mensual por comercialización de peces de ornato.

Unidades adquiridas	Precio de compra	Monto de venta	Margen de ganancia
26,705	\$196,271.38	\$522,835.73	\$326,564.85

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de los enfoques de cadenas de valor y de agroecosistemas permitió abordar a la producción y comercialización de peces de ornato en las regiones estudiadas, para identificar la situación general de los actores que participan en estos eslabones y así conocer con más detalle la organización de este sistema.

Existen pocos estudios acerca de cadenas de valor en piscicultura ornamental en comparación con otras cadenas acuícolas como tilapia y camarón. Los estudios relacionados tienen un marcado énfasis en los servicios de apoyo para la cadena, como son procesos de investigación, extensionismo y créditos de la banca comercial, además de aportar la noción de compañías productoras de peces de ornato como un esfuerzo para incrementar el valor entre eslabones (Nightingale-Devi, et al. 2017). Sin embargo, el mapeo de cadenas propuesto se basa en las cadenas de valor establecidas en un contexto nacional y no de cadenas productivas locales.

Entre los hallazgos destaca la escasa retroalimentación entre los eslabones, e incluso entre los actores que los integran y las relaciones informales entre estos, permiten establecer que la producción y comercialización de peces de ornato se hallan insertos dentro de una cadena productiva, contrastando con otras cadenas acuícolas en el país, por ejemplo camarón (Vázquez-Hurtado et al., 2011) donde el valor generado entre cada eslabón y las relaciones formales entre actores generan un ambiente de certidumbre entre actores. Por otra parte, la actividad acuícola ornamental ha sido reconocida principalmente en los estados de Morelos, Jalisco y Ciudad de México (Ramírez-Martínez et al., 2010), con derramas económicas





superiores a los 4,500 millones de pesos (SAGARPA, 2015), sin embargo, la información arrojada en este estudio muestra diversas áreas de oportunidad para reconocer y fortalecer a la actividad acuícola ornamental en Veracruz desde una óptica gubernamental para facilitar la actividad.

Los servicios hallados para apoyo a la cadena fueron escasos, siendo notoria la falta de capacitación de los productores. en este sentido, el gobierno federal ha retomado el extensionismo con el objetivo de mejorar las capacidades productivas del ámbito agropecuario para lograr mejores niveles de desarrollo; este enfoque extensionista transitó del modelo tradicional, donde el eje central era la divulgación de paquetes tecnológicos estandarizados en una amplia cobertura geográfica, a un nuevo modelo derivado de una visión de desarrollo que dio a los productores un papel protagónico, a través del enfoque participativo, donde se privilegia la seguridad alimentaria y la noción de “producir lo que se vende”, compatible con el enfoque de cadena de valor.

Este nuevo extensionismo logra una cobertura de apenas el 3% de poco más de cuatro millones de unidades productivas agropecuarias y con resultados aún discutibles derivado de vicios en la aplicación del presupuesto para el pago oportuno a extensionistas, así como el clientelismo y corrupción (Rodríguez y Cortés, 2010 y Cuevas-Reyes et al. 2012). Sin embargo, existen numerosos ejemplos de éxito en el extensionismo acuícola a nivel mundial, donde se ha logrado triplicar la producción y en donde este enfoque ha sido aplicado con acuicultores de recursos limitados con estanques de pequeña escala (Thompson et al., 2006). Es por ello que este modelo debe ser impulsado con los productores ornamentales en la región fomentado su carácter inclusivo y participativo.

Conclusiones

1.- Los actores que intervienen en el cultivo y comercio de peces de ornato en Veracruz se hallan insertados en una cadena productiva, pues toda la cadena gira en torno a una oferta no planificada de organismos producidos localmente, y donde la información no fluye entre los eslabones ni entre los actores que los conforman. 2.- Es posible tornar a esta cadena productiva en una cadena de valor, puesto que hay márgenes de ganancia considerables





entre eslabones y el consumidor final. De no hacerlo podría significar la pérdida de competitividad acuícola para el territorio.

Literatura citada

- Cifuentes-Alvarez, W., M. Jesús-Pérez, y M. Gil-Casares. 2011. Metodología de análisis de cadenas productivas bajo el enfoque de cadenas de valor. CODESPA.
- Cuevas-Reyes, V., J. Baca-Del Moral, F. Cervantes-Escoto, y J. Aguilar Ávila. 2012. Asistencia técnica en el sector agropecuario en México: análisis del VIII censo agropecuario y forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(5): 943-957.
- Eguren, M. L., y J. M. Castán. 2011. La cadena de valor bajo un enfoque sistémico y sus implicaciones en el análisis de la creación de valor en la empresa. In *Comunicación XXI Congreso Nacional de ACEDE*. pp. 1-30.
- Goodman, L. A. 1961. Snowball sampling. *The annals of mathematical statistics*, 32 (1): 148-170.
- D.O.F., 2007. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable. Diario oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, martes 24 de julio de 2007.
- Jayalal, L., and A. Ramachandran. 2012. Export trend of Indian ornamental fish industry. *Agriculture and Biology Journal of North America* 3(11): 439-451.
- Manzanilla, L., y M. Serra. 1987. Aprovechamiento de recursos de origen biológico en la cuenca de México (2500 antes de Cristo – 1500 después de Cristo). *Geofísica Internacional* 26 (1): 15-28.
- Nightingale-Devi, B. N., M. Krishnan, P. S. Ananthan, and N. Pawar. 2017. A producer company-An ideal value chain model for ornamental fish trade. *International journal of fisheries and aquatic studies*, 5(6): 115-120.
- Porter, M. E. 1985. *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. NY: Free Press. (Republished with a new introduction, 1998).
- Ramírez-Martínez, C., R. Mendoza-Alfaro, y C. Aguilera-González. 2010. Estado actual y perspectivas de la producción y comercialización de peces de ornato en México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.





- Rodríguez, M. M., y V. H. S. Cortés. 2010. Del extensionismo a las redes de innovación. Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM-FAO-CYTED México. 31-69.
- SAGARPA. 2015. Impulsa SAGARPA-CONAPESCA la acuicultura de peces de peces ornamentales como alternativa de negocio en el país. Nota de prensa. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B162.aspx#>
- Thompson, P. M., A. K. M. Firoz-Khan, and P. Sultana. 2006. Comparison of aquaculture extension impacts in Bangladesh. *Aquaculture Economics & Management* 10(1): 15-31.
- Vázquez-Hurtado, M., I. Sánchez-Brito, y A. Ortega-Rubio. 2011. Maricultura en la Bahía de La Paz, BCS, México: impacto socioeconómico de los cultivos de atún y camarón. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)* 19(37): 175-193.
- Vieth, G. R., L. J. Cox, and L. W. Rowland. 1998. Market situation for Hawaii-farmed ornamental fish. Honolulu (HI): University of Hawaii. Economic Fact Sheet EFS-26. 2 p.





HELMINTOS EN TILAPIA DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN MÉXICO

Luisa Cano Rufino^{249*}, David Osorio Sarabia²⁴⁹ y Luis García Prieto²⁴⁹

Resumen

Debido a la capacidad de adaptación de la tilapia, y a la posibilidad de ser criada en diferentes sistemas de cultivo, su sabor y las características nutricionales de su carne, se ha colocado como una de las especies más cultivadas en el mundo. Esto se debe principalmente a que su crecimiento es mayor que el de otras especies en sistemas de cultivo, además porque posee una excelente calidad de carne, tiene buena aceptación en el mercado. Sin embargo, la introducción de especies de tilapia, se considera un factor importante para la propagación transfronteriza de patógenos acuáticos que pueden afectar a las poblaciones silvestres y cultivadas de peces. Por lo cual, es de especial interés conocer la helmintofauna de las diferentes especies de tilapia introducidas a nuestro país, en ambientes silvestres como cultivados. Se realizó una recopilación y análisis de la información de los helmintos registrados en tilapia, de la base de datos de la Colección Nacional de Helmintos (CNHE), del Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México, México. Se identifican 37 taxones de helmintos (Tremátodos, monogéneos, céstodos, nemátodos e hirudíneos) que se han registrado en las 6 especies de tilapia (*Coptodon rendalli*, *Coptodon zillii*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*, y *Oreochromis urolepis*), distribuidas en 63 localidades de 23 estados de México. Entre los helmintos identificados con mayor importancia por el grado de afectación que originan en los cultivos de tilapia, se encuentran el monogéneo *Cichlidogyrus sclerosus* y el céstodo *Schyzocotyle acheilognathi*. El nemátodo *Gnathostoma* sp., se ha identificado como causante de zoonosis. Este estudio demuestra que la introducción de tilapia contribuye a la entrada de helmintos y a su dispersión en México.

Palabras clave: Enfermedades parasitarias, peces, salud pública

²⁴⁹ Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. * asiul_mvz@yahoo.com.mx





Introducción

“Tilapia” es el nombre común de las especies pertenecientes a la familia Cichlidae, la expresión se deriva de la palabra nativa de Bechuana (África) "thlape" que significa pez. La tilapia posee una gran capacidad de adaptación a diferentes temperaturas, tiene rápido crecimiento, alta eficiencia en la conversión del alimento, mayor tolerancia a la baja calidad del agua; por lo cual, permite cultivarla y manejarla con relativa facilidad (El-Sayed, 2006).

El cultivo de tilapia se ha ido expandiendo gradualmente alrededor del mundo. El incremento permanente de la producción mundial de tilapia, a partir de la década de los años 80, se evidencia la importancia que ha tomado este grupo de especies a nivel mundial (Usgame-Zubieta *et al.*, 2007).

En México, la mayor parte de la transferencia de la tilapia, particularmente de los géneros *Oreochromis* y *Coptodon*, se hizo con destino a la acuicultura. Sin embargo, muchos ejemplares han escapado o fueron agregados a embalses naturales y artificiales, donde se han establecido. La tilapia también ha sido considerada como reservorios o huéspedes de una serie de helmintos y enfermedades (Amador del Ángel *et al.*, 2014; Contreras-MacBeath *et al.*, 2014).

Los helmintos de peces son de particular importancia cuando: 1) causan enfermedad o muerte de sus huéspedes en la naturaleza; 2) afectan a peces mantenidos bajo condiciones de cultivo o exhibición; 3) producen detrimento de la salud humana (p. ej. zoonosis) o en la salud animal, y 4) cuando su abundancia y prevalencia son influenciadas por el hombre, indicando con esto, una alteración en el ambiente en el que habitan (Pérez-Ponce de León *et al.*, 1999; Overstreet y Curran, 2004). Por lo cual, el objetivo del trabajo fue recopilar y analizar la información sobre las especies de helmintos identificados en tilapia de importancia comercial en México.

Materiales y métodos

La información fue obtenida de la base de datos de la Colección Nacional de Helmintos (CNHE), del Instituto de Biología, UNAM, Ciudad de México, México. Se realizó una lista de





huésped-parásito, en donde se identificó de cada huésped, la familia, género y especies en orden alfabético. La lista de parásitos se realizó en orden filogenético, comenzando con el phylum Platyhelminthes (Tremátoda, Monogénoidea y Céstoda), seguido por el phyla Nemátoda y Annélida (Hirudinea). La información sobre cada especie de helminto incluyó la familia, género, especie, sitio de infección, estado de la República Mexicana donde se hizo el registro, así como la localidad específica. Los nombres científicos de los peces fueron actualizados de acuerdo con Froese y Pauly (2017).

Resultados y discusión

Hasta la fecha, 6 especies de tilapia (*Coptodon rendalli*, *Coptodon zillii*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*, y *Oreochromis urolepis*) han sido registradas como huésped de 37 taxones de helmintos (28 asignados a especies y 9 no asignados a especies). Estos taxones de parásitos pertenecen a 28 géneros incluidos en 15 familias. Los Platyhelminthes están representados por 27 taxones: 10 de tremátodos, 16 de monogéneos y 1 de céstodo. Para el phyla Nemátoda se identificaron 9 taxones y 2 para el phylum Annélida (Cuadro 1). Se registraron 63 localidades muestreadas para helmintos en 23 estados. Los sitios de infección fueron: boca, superficie corporal, línea lateral, aletas, branquias, ojos, estómago, intestino, mesenterio, hígado, cerebro y músculo.

En los registros se identificó a *Oreochromis aureus* como la especie con mayor riqueza de helmintos (25) y a *Oreochromis niloticus* como la especie con mayor número de registros, esto es, 31 localidades de 12 estados de la República Mexicana. Entre los helmintos identificados con importancia por afectar los cultivos de tilapia, se encuentran el monogéneo *Cichlidogyrus sclerosus* y el céstodo *Schyzocotyle acheilognathi*. El nemátodo *Gnathostoma* sp., se ha identificado como causante de zoonosis.





Cuadro 1. Helmintos registrados en tilapia comercial en México. Familia de los helmintos: Cichlidae.

Género y especie	Familias identificadas	Platyhelminthes Nemátoda Annélida					Estados	Localidades
		T	M	C	N	H		
<i>Coptodon rendalli</i>	1	0	0	0	1	0	1	1
<i>Coptodon zillii</i>	5	2	1	0	2	1	2	4
<i>Oreochromis aureus</i>	12	6	7	1	9	2	8	12
<i>Oreochromis mossambicus</i>	8	5	5	1	4	0	10	25
<i>Oreochromis niloticus</i>	8	3	12	1	3	0	12	31
<i>Oreochromis urolepis</i>	2	1	1	0	0	0	3	3

T: Tremátodos, M: monogéneos, C: céstodos, H: hirudíneos.

Los monogéneos son los helmintos con mayor número de especies registradas (26). Esto se atribuye a que presentan un ciclo de vida directo, el cual no involucra más que a un huésped, por lo que favorece su dispersión y persistencia. Estos mismos atributos hacen de los monogéneos un tipo de parásitos comunes y, en ocasiones, problemáticos en la acuicultura (Salgado-Maldonado y Rubio-Godoy, 2014).

De los monogéneos, *Cichlidogyrus sclerosus* se registró en *C. zillii*, *O. aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus* y *O. urolepis*. Woo *et al.* (2002) han reportado que *C. sclerosus* causa daño severo en las branquias de los peces infectados, y puede ocasionar mortalidad masiva en alevines de tilapia.

El céstodo *Schyzocotyle acheilognathi* es la especie de helminto más exitoso en el mundo, debido a la rapidez de su expansión y capacidad de establecimiento en nuevas regiones y en especies. La patología que ocasiona en el intestino de los peces incluye una variedad de efectos negativos, entre los que se cuenta el bloqueo intestinal, la descamación y erosión del epitelio intestinal, y la perforación del intestino (Salgado-Maldonado y Rubio-Godoy, 2014); *S. acheilognathi*, se ha identificado principalmente en ciprínidos; sin embargo, en los registros también se encontró en *O. aureus*, *O. mossambicus* y *O. niloticus*.

El nemátodo *Gnathostoma* sp., se registró parasitando a *O. aureus*, *O. niloticus* y *O. mossambicus*. Este parásito es el causante de la gnatostomiasis, enfermedad producida por las larvas de varias especies de nemátodos pertenecientes al género *Gnathostoma*, que se adquiere por comer pescados de agua dulce o de aguas salobre, crudos o mal cocidos, ocasionando problemas en la salud humana (Lamothe-Argumedo, 2003).





Conclusiones

1.- Las enfermedades parasitarias acuícolas representan un problema severo desde el punto de vista biológico, económico y social, ya que afectan a los peces marinos, dulceacuícolas y de ambientes salobres. 2.- Las tilapias son las especies con mayor producción y consumo en el país; por lo mismo, se deben realizar estudios de su helmintofauna y de su impacto en poblaciones de peces silvestres y cultivados, así como en la salud pública del consumidor.

Literatura citada

- Amador del Ángel L.E., E. del C. Guevara Carrió, R. Brito Pérez, E. Endañú Huerta. 2014. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO Ficha técnica tilapia *Oreochromis niloticus*, proyecto No. GN004 México D. F.
- Contreras-MacBeath, T., M.T. Gaspar-Dillanes, L. Huidobro-Campos y H. Mejía-Mojica. 2014. Peces invasores en el centro de México, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 413-424.
- El-Sayed, A-F. M. 2006. Tilapia Culture. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA.
- Froese R, D. Pauly (Eds). 2017. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Lamothe-Argumedo R. 2003. La Gnatostomiasis en México: un problema de salud pública". Anales del Instituto de Biología. U.N.A.M. Serie Zoología 1:99-103.
- Overstreet, R., S. Curran. 2004. Defeating diplostomoid dangers in USA catfish aquaculture. Folia Parasitologica 51:153-165.





- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto, B. Mendoza-Garfias, V. León-Ragagnon, G. Pulido-Flores, C. Aranda-Cruz, F. García-Vargas. 1999. Biodiversidad de helmintos parásitos de peces marinos y estuarinos de la bahía de Chamela, Jalisco. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, p. 1-51.
- Salgado-Maldonado, G., M. Rubio-Godoy. 2014. Helmintos parásitos de peces de agua dulce introducidos, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México, p. 269-285.
- Usgame-Zubieta, D., G. Usgame-Zubieta, C. Valverde-Barbosa. 2007. Agenda productiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Proyecto Transición de la Agricultura. Bogotá, Colombia.
- Woo, P.T.K., D.W. Bruno, L.H.S. Lim. 2002. Diseases and disorders of finfish in Cage Culture. CAB International, Wollingford.





TIPOLOGÍA DEL PRODUCTOR DE TRUCHA ARCOÍRIS EN VERACRUZ, MÉXICO

Juan Acosta Jimeno^{250*}, Alberto Asiain Hoyos²⁵⁰, Diego E. Platas Rosado²⁵⁰ y J.F. Eucario Gasca Leyva²⁵¹, Juan L. Reta Mendiola²⁵⁰

Resumen

Se realizó una tipificación de los productores de trucha arcoíris en la zona montañosa central del estado de Veracruz, México, aplicando metodología estadística multivariada. Los datos fueron obtenidos en un censo mediante encuesta en el año 2009. En total se censaron 179 productores, de los cuales el productor promedio es un grupo de personas, con unidades de producción (granjas) de 1.5 hectáreas y 200 m² de superficie productiva. El 50% de las granjas producen 900 kg/año o menos de trucha, y los rendimientos están alrededor de 33.8 t/ha/año, con la gran mayoría de las granjas ubicadas por arriba de los 1,000 msnm de altitud. Las condiciones de marginación y subdesarrollo en las que se desarrolla la actividad son significativamente mayores que en el resto del estado y del país. Se definieron tres tipos de productor de trucha arcoíris en la zona central del estado de Veracruz, de los cuales el tipo 1 presenta una alta vulnerabilidad ante los posibles efectos del cambio climático, el tipo 2 es el más favorecido y el tipo 3 es el menos productivo y el que presenta mayor vulnerabilidad de su medio de vida, por las mayores condiciones de pobreza, en términos de marginación y subdesarrollo.

Palabras clave: piscicultura, vulnerabilidad, calentamiento global

Introducción

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) es la tercera especie en volumen de producción piscícola continental en México, precedida solamente por la tilapia y la carpa,

²⁵⁰ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. jretam@colpos.mx

²⁵¹ Centro de Investigación y Estudios Avanzados - IPN, Unidad Mérida





aunque en el valor total de su producción es sólo superado por la tilapia (SAGARPA, 2018). Esta especie es de alto valor comercial en comparación con las otras dos especies mencionadas, su producción es preferentemente destinada al consumo en restaurantes, aunque también es comercializada al menudeo (SAGARPA, 2012). Uno de los aprovechamientos que ha estado teniendo auge en la última década es como atractivo del turismo gastronómico (Guzmán *et al.*, 2013) y como especie de pesca deportiva (Salazar *et al.*, 2010; du Preez y Lee, 2010), mediante el cultivo de fomento en cuerpos de agua naturales y artificiales, actividad que ha sido aprovechada tanto por empresarios particulares como por grupos de productores rurales organizados (García *et al.*, 2004). Ortega y Valladares (2017) analizan en detalle la producción de trucha en México, su historia, problemas y potencial.

El alto precio comercial de la trucha se atribuye a su alta calidad nutricional y organoléptica (SAGARPA, 2012), así como un alto rendimiento de carne (García *et al.*, 2004). Además, dado su alto nivel trófico (Barton, 1996), requiere altas concentraciones de proteína en el alimento para desarrollarse de manera apropiada (Woynarovich *et al.*, 2011), lo que incrementa su costo de producción. La producción de cría requiere una calidad de agua muy especial, que escasamente se puede conseguir en el estado de Veracruz y una capacidad tecnológica de moderada a alta, lo que incrementa aún más su costo (Ingle, S/F).

El precio de venta del producto a pie de granja puede sobrepasar los \$75.00, mientras que al menudeo en el mercado puede llegar a los \$135.00 (SNIIM, 2018). En restaurantes de la zona de Xalapa y Coatepec, el precio de la trucha (promedio 250-350 g) varía entre \$90.00 y hasta \$200.00 por plato. Dado lo anterior, es muy poco probable que la trucha sea aprovechada por el productor directamente como alimento. Al granjero le resulta más redituable vender trucha, incluso a pie de granja, y aprovechar la utilidad que le genera (alrededor del 15 al 20%) para la compra de bienes y el pago de servicios relacionados con su medio de vida. Dada la importancia del recurso a nivel regional en la zona montañosa central del estado de Veracruz, se realizó una tipificación del productor, actividad que consiste en agrupar aquellas unidades de producción de acuerdo con las semejanzas presentadas en relación con las variables principales, proceso esencial para su análisis sistémico. Lo anterior se justifica dado que los productores agropecuarios están sujetos a factores económicos, sociales, culturales y políticos específicos de influyen y definen





diferente idiosincrasia, economía y manejo tecnológico (Hernández *et al.*, 2002). La agrupación de productores en el sector acuícola, está ampliamente documentado para diferentes especies productivas (Luna *et al.*, 2013; Borja *et al.*, 2018), pero no se encontraron referencias específicas para los productores de trucha arcoíris en México.

Material y métodos

La información socioeconómica proviene del Censo Acuícola realizado en 2009 (Reta y Asiain, 2010) en la parte central del estado de Veracruz, la cual fue filtrada para trucha arcoíris dentro de la base de datos utilizando los campos de especie (nombre común y nombre científico). Esta información fue obtenida mediante encuesta directa a un total de 179 unidades productoras de trucha (UPT) de la zona montañosa central del Estado de Veracruz, abarcando 33 municipios. La información del censo fue complementada con datos procedentes de instituciones oficiales como CONABIO (2014), CONAPO (2018) e INEGI (2018), todos ellos producto del Censo Nacional de Población realizado en 2010.

La selección de las variables a ingresar en el modelo de tipificación tuvo como base criterios de tipo productivo, socioeconómico y tecnológico. Dado el tipo cuantitativo del procedimiento empleado, se utilizaron solamente variables cuantitativas, discretas y continuas, en escala de razón. Las variables seleccionadas, de entre 142 totales, se encuentran enlistadas en el Cuadro 1. Las variables de tipo socioeconómico Índice de Marginación (IM) y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) fueron extraídas de mapas de las instituciones oficiales arriba mencionadas. Para la extracción de la información espacial se creó un sistema de información geográfica (SIG). Los datos obtenidos en capas de formato *shapefile* fueron extraídos mediante un software SIG (QGIS, v. 3.0.2) para cada UPT y analizadas utilizando un paquete estadístico (PAST, v. 3.20). La clasificación de los productores se realizó ingresando las variables seleccionadas para cada productor en un análisis de componentes principales usando la matriz de correlación y procesando el segundo componente por el método de Dalenius y Hodges, que consiste en la formación de grupos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada grupo. El procedimiento estadístico se realizó utilizando el programa Tipología de Productores, versión 2.0_3 (Ruiz *et al.*, 2018). Se aplicó a





los datos de indicadores socioeconómicos un análisis de normalidad por el método de Anderson-Darling (Razali y Wah, 2011), y un análisis de comparación de medianas para muestras de poblaciones múltiples por el método de Kruskal-Wallis, también mediante software estadístico. Lo anterior fue con la finalidad de ubicar contextualmente a las UPT dentro de un marco comparativo nacional y estatal respecto a los valores obtenidos de IM y de IDH.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta un resumen de los datos más relevantes del censo, mismos que fueron utilizados para el análisis tipológico. Estos valores, específicamente la mediana, representan al productor de trucha arcoíris “tipo” general en la zona montañosa del centro del estado de Veracruz.

Cuadro 1. Resumen estadístico de los datos de productores de trucha en el estado de Veracruz.

Variable	N	Prom.	Desv. est.	C.v.	Mín	Q1	Med.	Q3	Máx.
Superficie total (ha)	175	6.65	28.1	422.6%	0	0.5	1.5	3.5	330
Superficie cultivada (ha)	174	0.28	1.28	446.6%	0	0.006	0.02	0.2	13.25
Número de socios	178	3.65	2.99	82.0%	0	1	3	5	18
Empleos totales	178	2.39	2.63	109.6%	0	0	2	4	13
Empleo fijos	178	1.67	2.10	126.0%	0	0	1	2.25	13
Empleos temporales	178	2.27	9.40	413.3%	0	0	0	2	120
Empleos administrativos	178	0.05	0.31	558.5%	0	0	0	0	3
Empleos técnicos	178	0.04	0.23	519.8%	0	0	0	0	2
Edad del productor	174	45.03	13.47	29.9%	13	36	45	54	81
Producción anual (Kg)	157	10,757	107,716	1,001.4%	0	400	900	1,800	1'350,000
Talla de venta (g)	170	383.26	117.4	30.6%	175	300	350	475	800
IUT	179	18.88	8.01	42.4%	0	13	18	24	48
IM	179	17.15	5.19	30.3%	1.69	14.06	18.03	20.04	33.06
IDH	179	0.592	0.098	16.6%	0.414	0.524	0.627	0.662	0.761
Altitud (msmn)	179	1,862.1	524.5	28.2%	523	1,453	1,771	2,242	3,122

Los valores corresponden a: N: número de observaciones, Prom.: media aritmética, Desv. est.: desviación estándar de la media, C.v.: coeficiente de variación, Mín.: valor mínimo, Q1: cuartil 25%, Med.: mediana o cuartil 50%, Q3: cuartil 75% y Máx.: valor máximo. Datos de Reta y Asiain (2010), CONABIO (2014), CONAPO (2018) e INEGI (2018).





No todos los entrevistados de las UPT respondieron a todas las preguntas planteadas, lo cual se refleja en diferentes valores de N. Los valores de $N = 179$ corresponden a datos conseguidos de fuentes institucionales, obtenidos a partir de la ubicación geográfica de las UPT dentro del SIG generado.

En el análisis de la información productiva y socioeconómica se usó el valor de la mediana, ya que presenta una tipología más cercana a la realidad que la media, dada la gran cantidad de valores atípicos (ver valores de C.V. en Cuadro 1). El tamaño mediano de una UPT es de 1.5 hectáreas, y el espejo de agua o superficie productiva mediana es de 200 m^2 , aunque el 37% de las UPT tienen una superficie productiva de 100 m^2 o menor. La producción mediana es de 900 kg anuales. La superficie total cultivada de trucha reportada en el área de estudio fue de 50 hectáreas, y la producción reportada fue de 1,688 t/año. El rendimiento mediano (producción/superficie productiva) fue de $3.38 \text{ kg/m}^2/\text{año}$. La talla de venta mediana fue de 350 g, coincidente con lo reportado a nivel nacional por SAGARPA (2012).

En el aspecto laboral, la mediana son tres socios, lo cual implica el agrupamiento de productores, generando sólo 2 empleos totales, 1 empleo fijo y ningún empleo temporal, administrativo o técnico, significando probablemente mucho trabajo familiar y poca oferta laboral. En este aspecto, la sumatoria de los datos de todas las UPT indica que para las 179 UPT existen un total de 642 socios, 427 empleos totales generados. En total 298 son empleos fijos, 405 son temporales, 10 son empleos de tipo administrativo y solamente 8 de tipo técnico. La diferencia entre los valores de los empleos totales y los que suma su desglose se debe probablemente a que los socios/dueños en ocasiones fueron contabilizados (por ellos mismos durante la entrevista) como empleados. La edad mediana del productor fue de 45 años, habiéndose registrado productores desde los 13 hasta los 81 años. Es de destacar que únicamente 6 de las granjas se ubican por debajo de los 1,000 m de altitud.

La prueba de Anderson-Darling para normalidad dio como resultado que los valores de los índices socioeconómicos obtenidos para las UPT no se distribuyeron de manera normal. Derivado de lo anterior, para la prueba de Kruskal-Wallis para diferencias entre medianas entre los valores de IM a nivel nacional, estatal y de las UPT resultó que los valores medianos de IM para las UPT (18.04) son significativamente mayores ($H = 339.81$, $GL = 2$, $p = 0.00$) que los valores medianos a nivel nacional (6.29) y para el estado de Veracruz (8.55).





Este mismo comparativo, realizado para los valores de IDH también arroja diferencias significativas ($H = 35.41$, $GL = 2$, $p = 0.00$), siendo menor el valor mediano de las UPT (0.627) que la mediana nacional (0.646) y estatal (0.637). Lo anterior ubica a las UPT del presente estudio en una posición de vulnerabilidad derivada de condiciones de pobreza, reflejadas por los valores de los mencionados indicadores.

El análisis de componentes principales y la posterior aplicación del método Dalenius-Hodges se ajustaron arbitrariamente para la agrupación de tres tipos de productores. El Cuadro 2 presenta un resumen estadístico de los valores de las medianas de algunos de los indicadores seleccionados en el presente estudio para cada uno de los tres tipos de productores de trucha en el estado de Veracruz.

Cuadro 2. Valores de las medianas para las principales variables por tipo de productores de trucha.

Tipo	No	Suptot	Supcult	Nosoc	Edad	Prod.	Im	Idh	Iut	Alt
1	8	2.8	0.012	2	58.50	850.00	6.62	0.734	22.50	991.00
2	81	2.0	0.035	2	48.00	1,000.00	15.59	0.648	23.00	1,513.00
3	90	1.0	0.013	4	44.50	500.00	19.21	0.533	16.00	2,241.50

Tipo: en la parte montañosa central del estado de Veracruz. No: número de productores por tipo, Suptot: superficie total de la UPT (ha), Supcult: superficie de espejo de agua de la UPT (ha), Nosoc: número total de socios, Edad: edad del productor principal de la UPT, Prod.: producción anual (kg), Im: índice de marginación, Idh: índice de desarrollo humano, Iut: índice de uso de tecnología y Alt: altitud en msnm.

Se obtuvo un grupo de productores muy reducido (Tipo 1) con mayor superficie de granjas, pero superficie productiva o de espejo de agua de tamaño intermedio, de mayor edad, con producción intermedia, viviendo a menor altitud, son los menos marginados, con mayor desarrollo y uso moderado de tecnología. Los Tipos 2 y 3 tienen un número similar de UPT, y aunque los de Tipo 3 tienen la menor superficie total de granjas, las superficies productivas son equivalentes a

los del Tipo 1. Los de Tipo 3 son los más jóvenes y los menos productivos, se ubican en zonas de mayor marginación y menor desarrollo, y son los que menos emplean la tecnología, viviendo en regiones de mayor altitud que los demás.

El empleo de baja tecnología en condiciones de bajo desarrollo y alta marginación en las UPT menos productivas es un resultado esperado. Por otra parte, los productores de trucha Tipo 2 en el estado de Veracruz fueron los ubicados en las mejores condiciones de mercado



y productivas generales, dado que se localizaron más cerca de los mercados (ciudades como Xalapa, Coatepec, Xico, Huatusco y Orizaba), como se aprecia en el mapa de la Figura 1, reportaron mayor producción que los otros dos grupos, incluso el doble que la de Tipo 3. Este tipo de productor contó con la mayor superficie productiva, no fueron conformados por grupos grandes de socios o familiares, fueron los que aprovecharon mejor la tecnología, y no resultaron vivir en condiciones tan desfavorables, socioeconómicamente, como los de Tipo 3.

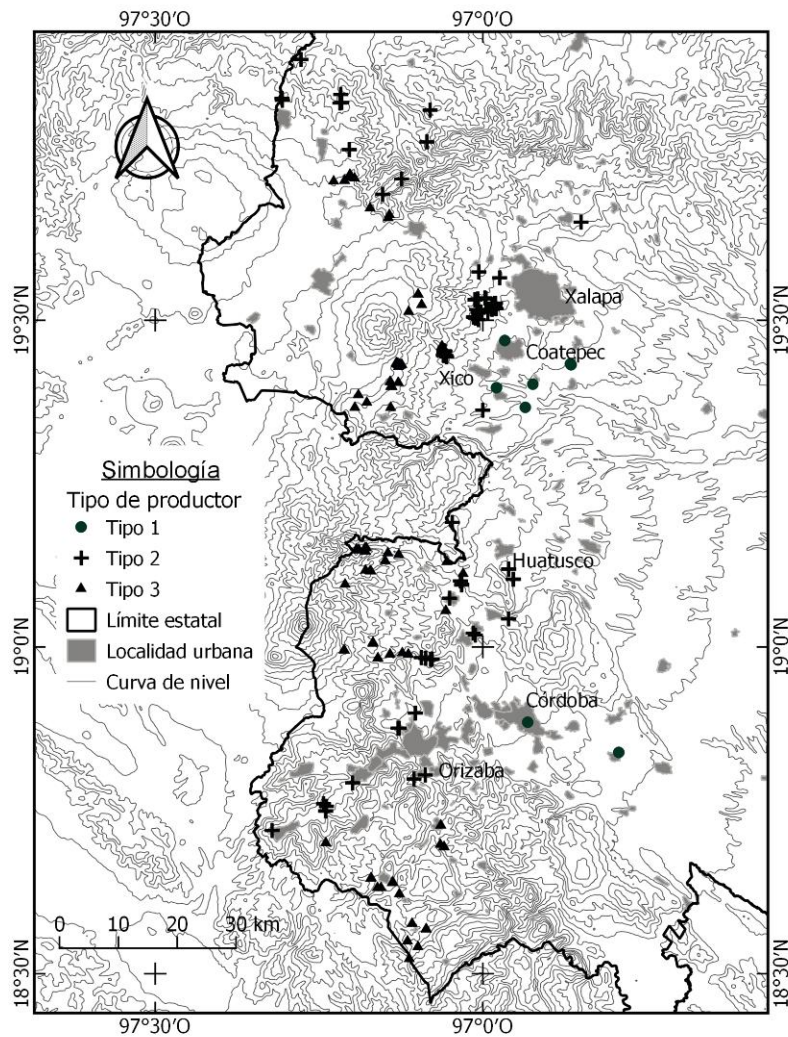


Figura 1. Mapa de ubicación de las UPT en la zona montañosa central del estado de Veracruz, por tipo de productor. Curvas de nivel cada 100 m.

En términos de vulnerabilidad, dentro del marco conceptual del “medio de vida”, se define en la literatura como la probabilidad de que ocurra un estrés del propio medio de vida, y el



concepto abarca tanto condiciones futuras como presentes (Alwang *et al.*, 2001). Se puede decir que los productores Tipo 3 se encuentran en un mayor nivel de vulnerabilidad de su medio de vida que los productores de los otros dos tipos, dadas sus condiciones productivas y socioeconómicas. Por otra parte, Adger (2006) indica que la vulnerabilidad es función del grado de exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación del sistema. Dadas las condiciones de calentamiento del sistema global y que sus efectos ya están siendo manifiestos en Veracruz (Vázquez *et al.*, 2008), existe la probabilidad de que los productores Tipo 1 estén en mayor nivel de vulnerabilidad ante los posibles efectos del cambio climático, dada su menor altitud, situación que incrementa su grado de exposición. Es indispensable, por consiguiente, analizar a fondo la vulnerabilidad de los productores de trucha, especialmente los de Tipo 1, ante los posibles efectos del cambio climático en la zona, específicamente el calentamiento del sistema global.

Conclusiones

1. El productor típico (genérico) de trucha en Veracruz no es un individuo, sino un grupo de personas, ya sea familiares o socios productivos, con UPTs de 1.5 ha de extensión total y 200 m² de superficie productiva. Más de la tercera parte cuentan con 100 m² o menos de espejo de agua.
2. El 50% de las granjas producen 900 kg/año o menos de trucha, y los rendimientos están alrededor de 3.38 kg/m²/año.
3. La gran mayoría (> 95%) de las granjas se encuentran por arriba de los 1,000 msnm de altitud, y alrededor del 40% se encuentra por arriba de los 2,000 msnm, circunstancia marcada por la relación inversa entre la altitud y la temperatura.
4. Se definen tres tipos de productores de trucha en el estado de Veracruz. El Tipo 1 es el menos marginado y más desarrollado de los tres, aunque sus granjas están a la menor altitud. El Tipo 2 se encuentra cerca de los puntos principales de consumo y es el más productivo de los tres. El Tipo 3 se encuentran en mayor nivel de pobreza y son menos productivos.
5. El uso de tecnología es bajo en promedio para las UPT. El Índice de Desarrollo Humano es significativamente bajo para las UPT del estudio con respecto al nivel estatal y nacional mientras el índice de marginación es significativamente más alto que





los niveles estatal y nacional. 6. Las UPT pertenecientes al Tipo 3 son más vulnerables en su medio de vida que las de los otros dos tipos, dadas las condiciones de marginalidad y desarrollo en las que están ubicadas. Las pertenecientes al Tipo 1 se encuentran en situación de mayor vulnerabilidad ante el calentamiento global que las de los otros dos tipos, dada la baja altitud de su ubicación.

Literatura citada

- Adger, W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16: 268–281.
- Alwang, J., P.B. Siegel and S.L. Jorgensen, 2001. Vulnerability: a view from different disciplines. The World Bank *Social Protection Discussion Paper* no. 0115, 42 pp.
- Barton, B.A., 1996. General biology of salmonids. Pp. 29-96 in Pennel, W. and B.A. Barton (editors), chapter 2. *Principles of Salmonid Culture*. Elsevier, 1039 pp.
- Borja, M., A. Vélez y J.L. Ramos, 2018. Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y Sociedad*, 30(71): 1-22.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2014. Índice de desarrollo humano por municipio, 2010, escala: 1:250000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo México (PNUD). México, D.F. (shapefile).
- CONAPO (Consejo Nacional de la Población). 2018. Índice de marginación por localidad 2010. Consejo Nacional de la Población, México. Comma-separated values file (CSV). Website: <http://www.conapo.gob.mx/en/> CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010
- du Preez, M. and D.E. Lee, 2010. The contribution of trout fly fishing to the economy of Rhodes, North Eastern Cape, South Africa. *Development Southern Africa*, 27:2, 241-253,
- García, J.A., F.A. Núñez, O. Chacón, R.H. Alfaro y M.R.Espinosa, 2004. Calidad de canal y carne de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del estado de Chihuahua. *Hidrobiológica*, 14(1): 19-26.





- García, D., I. Gallego, A. Espinoza, A. García y C.M. Arriaga, 2014. Desarrollo de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en comunidades rurales del Estado de México: Un caso de éxito. Capítulo 17, pp. 245-257 en: Arriaga, C.M. y J.P. Ortega (compiladores). *Contribución de la producción Animal en Pequeña Escala al Desarrollo Rural*. Editorial Reverté/UAEM., 257 pp.
- Guzmán, C., M. Garduño y R. Mendoza, 2013. Truticultura y el excursionista en áreas rurales. *El Periplo Sustentable*, 24: 99-123.
- Hernández, M., J.L. Reta, F. Gallardo y M.E. Nava, 2002. Tipología de productores de mojarra tilapia (*Oreochromis spp*): base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPS) en el Estado de Veracruz, México. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 1(1): 13-19.
- Ingle, G., S/F. *Transferencia Tecnológica en Peces Dulceacuícolas*. Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA, México, 80 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2018. Instituto Nacional de Geografía y Estadística, México. Sitio web: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>
- Luna, N., J.L. Jaramillo, J. Ramírez, S. Escobedo, A. Bustamante y G. Campos, 2013. Tipología de unidades de producción de nuez de castilla en sistema de producción tradicional. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 10(3): 283-303.
- Ortega, C. and B. Valladares, 2017. Analysis on the development and current situation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming in Mexico. *Reviews in Aquaculture*, 9: 194–202.
- Razali, N.M. and Y.B. Wah, 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Reta, J.L. & A. Asiain. 2010. Ordenamiento Acuícola del Estado de Veracruz. Reporte de Proyecto. SAGARPA/CONAPESCA/Colegio de Postgraduados. México. 26p.
- Ruiz, J., C. Pérez, G.E. Hernández, A. Rivera e I. Ruiz, 2018. Tipología de productores, 2.0_3. Manual de uso. 5 pp.





- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Guía Empresarial para el Cultivo, Engorda y Comercialización de Trucha Arcoíris. Comisión nacional de Pesca y Acuicultura, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Acuícola, México, 122 pp.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2018. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Sitio web: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.
- Salazar, M.C., L. Zizumbo y M. Garduño, 2010. Estudio de los recursos productivos, humanos y ambientales de la cadena productiva de la “trucha arcoíris”, elementos susceptibles de aprovechamiento para el agroturismo, como alternativa para favorecer el desarrollo local del Municipio de Amanalco de Becerra, Estado de México, México. 116th Seminar, October 27-30, 2010, Parma, Italy 95340, European Association of Agricultural Economists, pp. 2-8.
- SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de mercados). 2018. Sistema Nacional de Información e Integración de mercados, Secretaría de Economía, México. Sitio web: <http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/>
- Vázquez, J.L., M. Brunet, and P.D. Jones (2008). Cambios observados en los extremos climáticos de temperatura y precipitación en el estado de Veracruz, México a partir de datos diarios. *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología*. Serie A-6: 447-456.
- Woynarovich, A., G. Hoisty and T. Moth-Poulsen, 2011. Small-scale rainbow trout farming. *FAO Fisheries and Agricultural Technical Paper 561*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 81 pp.





CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE LA TILAPIA *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 CON ADICIÓN DE PROBIÓTICOS EN CULTIVO COMERCIAL

Carolina Esther Melgar Valdes^{252*}, Francisco Méndez Tax²⁵², Alfonso Castillo Domínguez²⁵², Carlos Alberto Cuenca Soria²⁵², Fernando Abasolo Pachecho²⁵³, Angel Isidro Campa Córdova²⁵⁴, Martha Alicia Perera García²⁵⁵ y Raúl Enrique Hernández Gómez²⁵²

Resumen

La intensificación de los sistemas de producción ha traído consigo la presencia de enfermedades, provocando alteraciones fisiológicas y estrés en los organismos. Una alternativa que ha ido ganando aceptación por el sector acuícola, es el uso de probióticos. En el presente trabajo se evaluó un consorcio de microorganismos que contiene un grupo de bacterias ácido lácticas, *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymixa*, *Brevibacillus laterosporus* y una levadura, *Saccharomyces cerevisiae*. Se utilizaron tres tratamientos: control: estanques sin probióticos, AP1: estanques con la adición 50 L del consorcio microbiano y AP2: estanques con la adición de 100 L del consorcio microbiano. La aplicación fue semanal y después del recambio de agua. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos, el crecimiento (peso), la supervivencia. Adicionalmente, se calcularon los volúmenes de producción y el índice de margen de utilidad. El tratamiento AP1 se mantuvo dentro de los parámetros fisicoquímicos recomendados para el cultivo de tilapia. La supervivencia fue significativamente mayor ($p < 0.05$) con los tratamientos AP1 (91%) y AP2 (92%) en comparación con el tratamiento control (80%). Igualmente, los volúmenes de producción y el índice de margen de utilidad bruto de los tratamientos AP1 (11,924.64 kg; \$MX 535,469.49) y AP2 (11,901.12 kg; \$MX 518,575.89) fueron superiores con los tratamientos en relación al tratamiento control (7,699.20 kg; \$MX 318,670.29). Estos resultados sugieren la efectividad del consorcio microbiano comercial utilizado en el agua de los estanques de cultivo.

²⁵² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Tenosique, Tabasco, México. *carolina.melgar@ujat.mx

²⁵³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo de Los Ríos, Ecuador.

²⁵⁴ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California, México.

²⁵⁵ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Villahermosa, Tabasco, México.





Palabras clave: cultivo comercial, tilapia, probióticos, calidad del agua, supervivencia

Introducción

A nivel mundial, la acuicultura se ha convertido en una importante industria proveedora de alimentos de alto valor nutricional y generadora de empleo e ingresos económicos en los países tanto desarrollados, así como en los que se encuentran en vías de desarrollo. El desarrollo de la acuicultura en el continente americano ha mostrado una tendencia significativa en la producción de peces de escama aportando el 4.54% en 2014 en comparación con 3.77% en 1995 (FAO, 2016). Dentro de las especies de peces cultivadas, la tilapia ha entrado en los mercados tradicionales de pescado blanco, lo cual ha permitido que el sector crezca de forma sustancial llegando a nuevos consumidores y contribuyendo a la seguridad alimentaria.

En México, se ha observado un comportamiento similar en el incremento de la producción de tilapia, en donde los datos de los anuarios presentados por la SAGARPA en el período 2002-2012, señalan que esta especie ha adquirido gran importancia en la tabla nutrimental del pueblo mexicano, por el excelente sabor de su carne (SAGARPA, 2015). No obstante, la intensificación de los sistemas de producción han traído consigo la presencia de enfermedades, provocando alteraciones fisiológicas y estrés en los organismos, ocasionando con ello cuantiosas pérdidas económicas para los productores (Jiménez, 2010).

Una de las soluciones habituales y prácticas por parte de los productores ante la aparición de enfermedades (especialmente las bacterianas), sigue siendo el uso de antibióticos y quimioterapéuticos (Tovar *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2010); sin embargo, los problemas de resistencia generados por los mismos patógenos demuestran que el uso y abuso de estos productos, han desencadenado reacciones alérgicas e intoxicaciones. Por lo que, se ha generado la necesidad de realizar investigaciones dirigidas hacia el desarrollo de tratamientos o control biológico más amigables con el organismo, con el consumidor y con el ambiente (Balcázar *et al.*, 2006). Una alternativa que ha ido ganando aceptación por el sector productivo acuícola, es el uso de probióticos y que además han sido reconocidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la





Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), como aditivos alimentarios (FAO/OMS, 2006).

Los probióticos se han definido como microorganismos vivos que confieren un beneficio al hospedero, modificando la comunidad microbiana relacionada con él o con el ambiente donde éste se desarrolla, a través del mejor uso del alimento, aprovechando su valor nutricional, incrementando la respuesta inmune a las enfermedades y mejorando la calidad del ambiente, considerando una administración en cantidades y frecuencias adecuadas (Verschuere *et al.*, 2000; Kesacordi *et al.*, 2008). Es por esta razón, que en la presente investigación se evaluó el crecimiento y supervivencia de la tilapia en un sistema de cultivo comercial, al dosificar un consorcio microbiano con capacidad probiótica.

Materiales y métodos

Cultivo de microorganismos probióticos

Se utilizó un probiótico comercial (Eco-Aquaprotect), que contiene un grupo de bacterias ácido lácticas, *Bacillus subtilis* (10^{10} UFC/mL), *Bacillus polymixa* (10^{10} UFC/mL), *Brevibacillus laterosporus* (10^{10} UCF/mL) y levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* (10^6 UFC/mL). Los microorganismos vienen inactivados y fueron inoculados en una solución de nutrientes (Eco-Nutrimax) utilizando agua libre de cloro para su activación, manteniéndose en un sistemas cerrado con aireación durante 12 horas a una temperatura de 37°C según la metodología sugerida por los fabricantes (Eco Technologies Solutions, 2017).

Evaluación del probiótico en un sistema comercial de cultivo de tilapia

El estudio se realizó en una granja comercial de cultivo semi-intensivo ubicada en el Municipio del Centro (Villahermosa) Tabasco, México. El experimento se realizó en estanques circulares 12 mφ. El tiempo de cultivo comercial se consideró de 180 días. El proceso de siembra fue simultáneo con una densidad de 8000 crías (18 peces/m³).

El suministro del producto se adicionó semanalmente y después del recambio de agua, de la siguiente manera: tratamiento Control, estanques sin dosificación del consorcio microbiano, tratamiento AP1, estanques con la adición 50 L del consorcio microbiano (dosis





recomendada por los fabricantes) y tratamiento AP2, estanques adicionados con 100 L del consorcio microbiano.

Cada tratamiento se realizó por triplicado. La calidad del agua fue monitoreada cada dos semanas, entre las 7:00 y 9:00 am. Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron fueron oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH y nitritos (mg/L) utilizando un equipo Hanna HI 95928 (USA) a una profundidad de 50 cm (Melgar, 2012).

Evaluación del crecimiento, cálculo de los volúmenes de producción y margen de utilidad bruta

Se capturaron de manera aleatoria 50 peces, a los cuales se les midió el peso (g). Para determinar los volúmenes de producción (kg) por cada tratamiento se consideraron cálculos de los parámetros de crecimiento y supervivencia de acuerdo a Ali *et al.*, (2010). En el margen de utilidad bruta se determinó por la fórmula propuesta por Valle, (2008). Finalmente, los datos de los parámetros de calidad del agua, la supervivencia y los volúmenes de producción, durante el ciclo de cultivo de tilapia, fueron sometidos a pruebas de normalidad y homocedasticidad. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía; así como la prueba de Tukey (HSD, *A posteriori*), para discernir posibles diferencias significativas entre tratamientos. Todos los análisis estadísticos, se realizaron en un paquete STATISTICA versión 7.0 para Windows (Statsoft, 2004).

Resultados y discusión

Efecto del Eco-Aquaprotect® en los parámetros ambientales de la calidad del agua

Durante el ciclo de cultivo se observaron diversos comportamientos en la evaluación de la efectividad del consorcio microbiano comercial con potencial probiótico en el cultivo de tilapia en relación a los parámetros fisicoquímicos y a las dosis de aplicación (Cuadro 1). Los valores promedio de la concentración de oxígeno disuelto en el agua presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), en donde los tratamientos AP1 y AP2 fueron mayores que en el tratamiento control. Sin embargo, los tres valores promedio de referencia se encontraron





dentro de los intervalos recomendados para el cultivo de tilapia gris *Oreochromis niloticus* (Cantor, 2007).

Por otro lado, los valores promedio de la temperatura (°C) determinada en el agua de los estanques durante el ciclo de cultivo, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tres tratamientos. En cambio para las variables de pH y nitritos, los tratamientos control y AP2 no presentaron diferencias significativas en sus valores promedio ($p > 0.05$), pero si fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) del tratamiento AP1. De acuerdo a los intervalos recomendados para el cultivo de esta especie, se ha recomendado mantener un pH que oscile entre 6.5 a 9 y una concentración de nitritos de 0 a 0.1 mg/L para no ser tóxico en los peces (Cantor, 2007). De lo anterior, solo el tratamiento AP1 se mantuvo dentro de estos rangos permisibles. De acuerdo a Sanders *et al.* (2003) y Wolken *et al.* (2003), las bacterias del género *Bacillus* han sido utilizadas como agentes biológicos para mejorar la calidad del agua en la acuicultura.

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos determinados durante el ciclo de cultivo de tilapia.

Parámetros Fisicoquímicos	Tratamientos		
	Control	AP1	AP2
Oxígeno Disuelto (mg/L)			
X ± DE	4.59 ± 1.69 ^a	6.06 ± 0.53 ^b	5.11 ± 0.20 ^b
Min	2.62	4.85	4.95
Max	7.11	8.01	7.91
Temperatura (°C)			
X ± DE	31.5 ± 1.43 ^a	31.5 ± 0.99 ^a	31.7 ± 1.40 ^a
Min	29.3	27.6	28.8
Max	33.8	34.5	35.2
Ph			
X ± DE	5.91 ± 1.01 ^a	7.36 ± 0.45 ^b	6.24 ± 0.83 ^a
Min	3.98	7.25	5.62
Max	6.63	7.81	6.52
Nitritos (mg/L)			
X ± DE	0.22 ± 0.04 ^a	0.07 ± 0.03 ^b	0.14 ± 0.05 ^a
Min	0.02	0.01	0.02
Max	0.38	0.09	0.29

X, promedio; DE, Desviación Estándar; AP1, dosis de 50 L; AP2, dosis de 100 L; n=3.





En este sentido, el consorcio microbiano comercial utilizado en el presente estudio contiene a las especies *B. subtilis* y *B. polymixa*, las cuales podrían ser responsables de ayudar al mantenimiento de la calidad del agua en los parámetros de oxígeno disuelto y con ello su relación química en amortizar el pH en el agua y por ende, en el ciclo de los compuestos nitrogenados, como es el caso del tratamiento AP1. Sin embargo, es necesario recordar que tanto el oxígeno como la temperatura son parámetros que se encuentran en función de las condiciones ambientales de la zona en donde se encuentra la granja y de las operaciones técnicas del manejo por parte de los gerentes de producción, como es el caso de la oxigenación por aireación mecánica y los recambios de agua (CNPLH, 2012), que en conjunto coadyuvarían en un esfuerzo sinérgico entre la función de las bacterias y las buenas prácticas de producción.

No obstante, si la población de *Bacillus* sobrepasa la capacidad de carga microbiana, también se podría fomentar un desequilibrio en el ciclo del nitrógeno, ya que si bien el género *Bacillus* se ha caracterizado por reducir el nitrato a gas nitrógeno (Rao, 2002), también puede hacer uso de otra ruta metabólica o mecanismos de acción dejando de realizar este proceso (Newaj *et al.*, 2007). Esto coincide con las altas concentraciones de nitrito, así como el pH moderadamente ácido (Martínez, 2006) encontradas con el tratamiento AP2 en donde se aplicó la dosis máxima.

Efecto del Eco-Aquaprotect® en el crecimiento, la supervivencia y en los volúmenes de producción

En el presente trabajo de investigación se observó que cuando se utilizaron las dos dosis del probiótico comercial, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el crecimiento (Figura 1). El tratamiento AP1 y AP2 no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) y obtuvieron los mayores pesos al final del ciclo de cultivo con 546 y 539 g, respectivamente, en comparación con el tratamiento control, en donde se observó un peso final de 401 g, siendo significativamente diferente ($p < 0.05$) con los tratamientos en donde se adicionó el probiótico comercial.

De igual manera, se mostró que cuando se utilizaron las dos dosis del probiótico comercial, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la supervivencia. El tratamiento control





registró una supervivencia promedio del 80% en comparación con los tratamientos AP1 y AP2, quienes tuvieron una supervivencia del 91% y 92%, respectivamente (Figura 2).

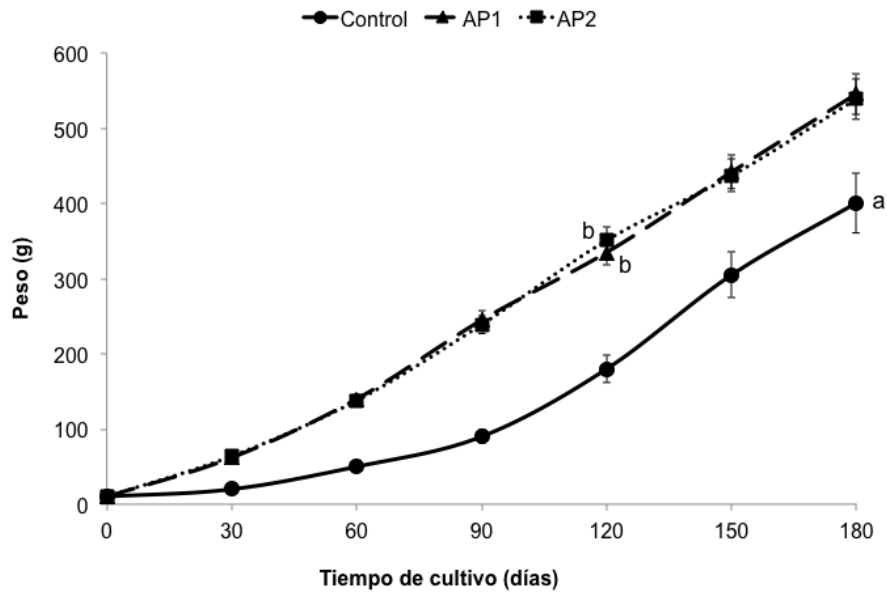


Figura 1. Comparación de la supervivencia del cultivo de tilapia durante el ciclo de cultivo. AP1, dosis de 50 L; AP2, dosis de 100 L; n=3. Letras desiguales son significativamente diferentes.

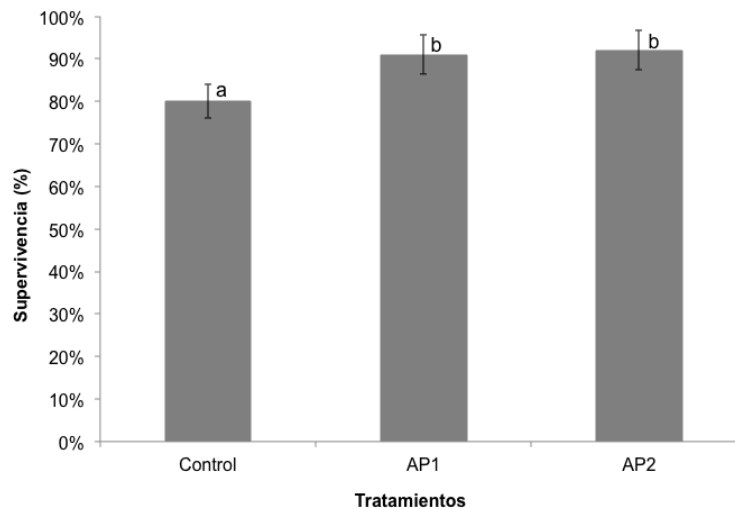


Figura 2. Comparación de la supervivencia del cultivo de tilapia durante el ciclo de cultivo. AP1, dosis de 50 L; AP2, dosis de 100 L; n=3. Letras desiguales son significativamente diferentes.

Lo anterior, es consistente con los volúmenes de producción obtenidos al final del ciclo de cultivo (180 días), debido a que también presentaron diferencias significativas ($F= 12.87$; p





<0.05) (Figura 3), en donde los tratamientos AP1 y AP2 obtuvieron los máximos rendimientos con 11,924.64 kg y 11,901.12 kg, respectivamente, en comparación con el tratamiento control (7,699.20 kg). En este sentido, diferentes especies de *Bacillus* y de *Brevibacillus laterosporus* han sido reconocidas por su habilidad de congregación en el intestino en beneficio del hospedero y mejorar su tasa de conversión alimenticia, y por ende tener mejor crecimiento, así como inhibir la aparición de patógenos por producir compuestos antibacterianos (bacteriocinas, ácido láctico, peróxido de hidrógeno) y activar su sistema inmune, incrementando su respuesta frente a especies antagónicas (Soccol *et al.*, 2010, Newaj y Austin, 2015).

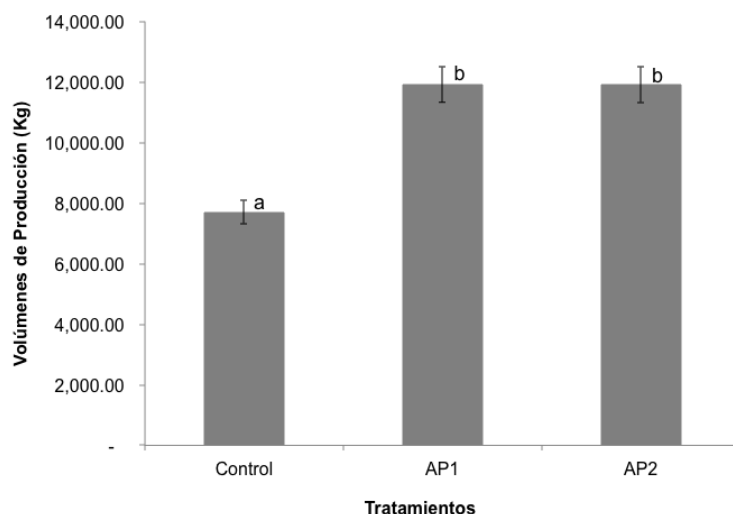


Figura 3. Comparación de la supervivencia del cultivo de tilapia durante el ciclo de cultivo con los tres tratamientos. AP1, dosis de 50 L; AP2, dosis de 100 L; n=3. Letras desiguales son significativamente diferentes.

Los estudios realizados con probióticos comerciales que incluyen a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* han demostrado beneficios como la modulación de la microbiota intestinal, aumento de la respuesta inmune, contribución a la fisiología enzimática intestinal en peces por la asimilación y absorción de nutrientes y por último, mejora del rendimiento de crecimiento (Adel *et al.*, 2016).

El índice de margen de utilidad presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, observándose que los tratamientos AP1 y AP2 son estadísticamente iguales





($p > 0.05$) con una ganancia de \$MX 535,469.49 y \$MX 518,575.89, respectivamente, mientras que el tratamiento control obtuvo \$MX 318,670.29 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación del índice de margen de utilidad bruta obtenido al final del ciclo de cultivo con los tres tratamientos (AP1, dosis de 50 L; AP2, dosis de 100 L; n=3).

	Control	AP1	AP2
Ventas (\$MX)			
Costos de Ventas	423,456.00	655,855.20	654,561.60
Supervivencia	80%	91%	92%
Sub-total			
Gastos (\$MX)			
Personal	34,285.71	34,285.71	34,285.71
Crías	24,000.00	24,000.00	24,000.00
Mantenimiento	9,375.00	9,375.00	9,375.00
Agua	1,125.00	1,125.00	1,125.00
Luz	22,500.00	22,500.00	22,500.00
Probióticos		15,600.00	31,200.00
Alimento	13,500.00	13,500.00	13,500.00
Sub-total	104,785.71	120,385.71	135,985.71
Total	\$MX 318,670.29 ^a	\$MX 535,469.49 ^b	\$MX 518,575.89 ^b

Estos resultados son importantes desde una perspectiva económica para el productor, ya que la mayoría de los estudios se han basado en los efectos de los probióticos bajo condiciones mayormente de laboratorio y piloto, pero en su mayoría no en una granja comercial con las condiciones reales del cultivo (Kesacordi *et al.*, 2008). Además, que se tienen pocas evidencias de indicadores económicos que le permitan al sector acuícola vislumbrar el beneficio en términos de costos de producción y de utilidades al usar probióticos en sus sistemas de producción.

Conclusiones

1. El uso del Eco-Aquaprotect®, como consorcio microbiano comercial con capacidad probiótica tuvo un efecto benéfico en el crecimiento de los peces y en su





supervivencia, al ser adicionado en el agua de los estanques durante el ciclo de cultivo. 2. El tratamiento AP1 (dosis recomendada por lo fabricantes) obtuvo los mejores resultados en los parámetros de la calidad del agua, supervivencia, volúmenes de producción e índice de margen de utilidad bruta. 3. El tratamiento AP2 no redujo la concentración promedio de nitritos en el agua, sin embargo, las tilapias tuvieron mayor supervivencia, incrementaron los volúmenes de producción e índice de margen de utilidad bruta.

Literatura citada

- Adel, M., C. Lazado, R. Safari, S. Yeganeh and M. H. Zorriehzahra. 2016. Aqualase®, a yeastbased infeed probiotic, modulates intestinal microbiota, immunity and growth of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Research*, 1–12.
- Ali, M. H., A. A. Ghazalah, E. A. Gehad, Y. A. Hammouda, and H. A. Abo-State. 2010. Practical Aspects and Immune response of Probiotics Preparations Supplemented to NileTilapia (*Oreochromis Niloticus*) Diets. *Nat Sci*; 8: 39-45.
- Balcázar, J. L., De Blas I., Ruiz Z., I. Cunningham, D. Vendrell D. y Muzquiz J. L. 2006. The role of probiotics in aquaculture. *Vet. Microbiol.* 114: 173-186.
- Cantor, F. 2007. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo CNPLH (Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras). 2012. Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el cultivo de tilapia. Disponible en: <http://www.mirahonduras.org/cafta/gbpa/GBPA%20Tilapia.pdf>.
- Eco Technologies Solutions. 2017. ECO-AQUAPROTECT®. Probióticos estimulantes de especies acuícolas. Ficha Técnica. Disponible en: <https://ecotechnology.com.mx/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO “El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016”. Roma, Italia.
- FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Organización Mundial de la Salud). 2006. Probióticos en los alimentos. Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. Roma, Italia.





- Kesacordi W, A., H. Kaspar, M. Lategan and L. Gibson. 2008. Probiotics in aquaculture: the need, principles and mechanisms of action and screening processes. *Aquaculture*, 274:1-14.
- Martínez, C. L. R. 2006. *Ecología de los sistemas acuícolas*. AGT Editor, S.A. México.
- Melgar, V. C. E. 2012. *Evaluación de la Tecnología EM en granjas acuícolas en Tabasco, México*. Tesis de Doctorado. El Colegio de la Frontera Sur. Villahermosa, Tabasco, México.
- Newaj, F. A., A. A. Adesiyun, A. Mutani, A. Ramsubhag, J. Brunt and B. Austin. 2007. *Bacillus subtilis* AB1 controls *Aeromonas* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *J. Appl. Microbiol.* 103:1699–1706.
- Newaj, F. A. y B. Austin. 2015. Probiotics, immunostimulants, plant products and oral vaccines, and their role as feed supplements in the control of bacterial fish diseases. *Journal of Fish Diseases*, 38:937–955.
- Rao, V. A. 2002. Bioremediation technology to maintain healthy ecology in aquaculture ponds. *Fishing Chimes*. 22:39-42.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015. *Estudio para la determinación de esquemas de mejora para el rendimiento en las granjas de producción acuícola de tilapia*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación/Universidad Politécnica del Sur de Zacatecas. México, D.F.
- Sanders, M. E., L. Morelli, and Tompkins, T.A. 2003. Sporeformers as human probiotics: *Bacillus*, *Sporolactobacillus* and *Brevibacillus*. *Comp Rev Food Sci Safety* 2:101–110.
- Socol, C. R., L.P.S. Vandenberghe, M. R. Spier, A. B. P. Medeiros, C. T. Yamaguishi, J. D. Lindner, A. Pandey y V. Thomaz-Socol. 2010. The potential of probiotics: A review. *Food Technology and Biotechnology*, 48:413–434.
- StatSoft. STATISTICA. 2004. [Data analysis software system]. Version 7. Tulsa, Oklahoma, USA.
- Torres, J., J. Munoz, H. Cardenas, L. Álvarez y J. Palacio. 2010. Caracterización de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) con marcadores moleculares RAPD. *Acta Agronómica*, 59:236-246.





- Tovar, R. D., M. Reyes B., L. Guzmán V., V. Gleavez L., R. Civere C. 2008. Probióticos en Acuicultura: Avances recientes del uso de las levaduras en peces marinos. Recuperado de http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IX/archivos/12-Tovar.pdf.
- Valle, T. 2008. Gestión Financiera. Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/4414818/>
- Verschuere, L., G. Rombaut, P. Sorgeloos, y W. Verstraete. 2000. Las bacterias probióticas como agentes de control biológico en la acuicultura. *Microbiología y Opiniones de Biología Molecular*, 64:655-671.
- Wolken, W. A. M., J. Tramper, and M. J. van der Werf. 2003. What can spores do for us? *Trends Biotechnol* 21:338–345.





ANÁLISIS DE LA CAPTURA EMBODEGADA OBTENIDA EN LA PESCA DEL ATÚN ALETA AMARILLA

Karina Ramírez López²⁵⁶

Resumen

El seguimiento de la pesca del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Golfo de México se lleva a cabo a través del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) desde 1993, a través de los datos proveniente del programa de observadores a bordo del Fideicomiso de Investigación para el Desarrollo del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines y otros en torno a especies acuáticas protegidas (FIDEMAR). El presente documento integra información correspondiente a la captura embodegada y el esfuerzo pesquero, así como la composición de las principales especies que integran su captura por la flota palangrera mexicana, dedicada a la pesca del atún aleta amarilla en el Golfo de México durante el periodo 2014-2016, registrando hasta 29 embarcaciones, las cuales capturaron atún aleta amarilla entre el 77% y 80% en peso, y entre el 61% y 71% en número de ejemplares. La captura incidental embodegada correspondió entre el 20% y el 23%, integrado principalmente por marlín azul, atún aleta azul, pez espada, pez vela, entre otros.

Palabras clave: palangre, túnidos, flota palangrera, captura incidental

Introducción

La pesca del atún es una de las más importantes del mundo, se lleva a cabo en las zonas tropicales y subtropicales del Océano Atlántico, Océano Pacífico y Océano Índico (INP,

²⁵⁶ Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Unidad Veracruz. Av. Ejército Mexicano 106, Col. Ex Hacienda Ylang Ylang, C.P. 94298, Boca del Río, Veracruz. kramirez_inp@yahoo.com





1995). Por su valor económico y sus niveles de captura, representa una de las principales actividades marinas en las zonas tropicales y subtropicales de los tres océanos. Las principales especies sujetas a pesca son: el atún aleta amarilla o rabil (*Thunnus albacares*), el barrilete o listado (*Katsuwonus pelamis*), el patudo (*Thunnus obesus*) y el atún aleta azul o atún rojo del Atlántico (*Thunnus thynnus*).

El Océano Atlántico representa una de las regiones más productivas de atún aleta amarilla y se captura entre los 45° N y los 40° S, con artes de pesca de superficie y sub-superficial, como el cerco, el cebo vivo, la línea de mano y el palangre. Dicha actividad se realiza por flotas pesqueras de diferentes países cuyas capturas descendieron de 163,770 t en 1992 a 127,777 t en 2016 (CICAA, 2017). En el Golfo de México se captura por la flota palangrera mexicana en la zona económica exclusiva (ZEE) del Golfo de México y Mar Caribe, cuyo seguimiento ha estado a cargo del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA), a través de los datos obtenidos por observadores a bordo del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección del Delfín (PNAAPD) con una cobertura variable de 1993 hasta agosto de 1997 y a partir de esta fecha con cobertura del 100% en los viajes de pesca (DOF, 1997; DOF, 2014). El estudio de la pesca del atún aleta amarilla y su captura incidental en el Golfo de México es necesario para su aprovechamiento sustentable; por ello, la integración de información sobre su pesca y la composición de especies, permitirá dar un seguimiento puntual de su captura y esfuerzo para el establecimiento de medidas de manejo sustentables. Este trabajo tiene como objetivo presentar el análisis de la captura embodegada del atún aleta amarilla y su captura incidental obtenida por la flota palangrera mexicana en el Golfo de México durante el periodo 2014-2016.

Materiales y métodos

El área de estudio abarca la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México y Mar Caribe durante el periodo 2014-2016, utilizando como fuente de información el programa de observadores a bordo cuya información comprende datos de la embarcación, el arte de pesca, las maniobras de pesca, información biológica y de captura. Los datos de los viajes de pesca están integrados por informe de barco, informe diario, informe de capturas y hoja





de muestreo (Solana *et al.*, 2002). Se utilizó el Sistema de Información de Atún del Golfo de México (SIA) con el objetivo de administrar y facilitar el análisis de datos (Ramírez *et al.*, 2010), para la obtención de la información de embarcaciones, actividades de pesca, datos biométricos y capturas.

Resultados y discusión

Durante el periodo 2014-2016 el palangre tipo americano fue el único arte de pesca que utilizó la flota palangrera mexicana para la captura dirigida al atún aleta amarilla en el Golfo de México. El número de embarcaciones fue 28 en 2014 y 2015, y 29 en 2016, realizándose 1,003 viajes en los que se efectuaron 9,837 lances en 19,525 días de pesca, y se utilizaron 2,015,362 anzuelos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Esfuerzo pesquero ejercido a la pesca del atún aleta amarilla en el Golfo de México durante el periodo 2014-2016.

	2014	2015	2016
Barcos	28	28	29
Viajes	332	324	347
Lances	3,234	3,193	3,410
Días de pesca	6,619	6,263	6,643
Intervalo días	2 a 40	4 a 33	5 a 33
Anzuelos (en miles)	2,003,525	1,979,608	2,062,953

Respecto a la distribución temporal del número de anzuelos durante el periodo 2014-2016, se registraron 1,186,475 anzuelos (20%) en el primer trimestre, 1,719,689 anzuelos (28%) en el segundo trimestre, 1,691,534 anzuelos (28%) en el tercer trimestre y 1,448,388 anzuelos (24%) en el cuarto trimestre (Figura 1).

Por otra parte, las variaciones espaciales entre trimestres, refieren que el primer y cuarto trimestre registraron distribución amplia, mientras que el segundo y tercer trimestre presentaron una distribución más concentrada en la parte suroeste del Golfo de México, frente a las costas del estado de Veracruz.



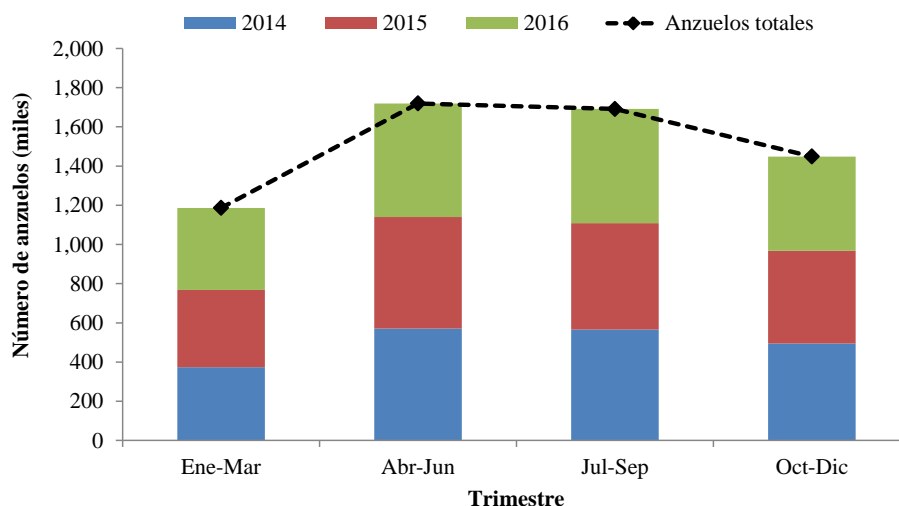


Figura 1. Número de anzuelos (en miles) utilizados en la pesca del atún aleta amarilla en el Golfo de México durante el periodo 2014-2016, por trimestre.

Con relación a la captura en peso durante el periodo 2014-2016, se registraron en total 27,560 t de atún aleta amarilla, 205 t de marlín azul, 159 t de atún aleta azul, 124 t de pez espada, 99 t de pez vela y 83 t de otras especies de peces, que incluyeron al aceitoso, dorado y barracuda, principalmente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Captura (t) de atún aleta amarilla y especies afines por la flota palangrera mexicana en el Golfo de México durante el periodo 2014-2016.

Nombre común	2014	2015	2016	Total
Atún aleta amarilla o rabil	1,045	968	1,279	3,292
Aguja azul o marlín azul	67	72	66	205
Atún aleta azul o atún rojo del Atlántico	51	53	55	159
Pez espada	42	35	47	124
Pez vela	32	31	36	99
Otros peces	29	25	29	83
Aguja blanca o marlín blanco	20	26	20	66
Peto	16	12	18	46
Otros tiburones	6	4	7	17
Barrilete o listado	5	7	10	22
Atún aleta negra	4	4	5	13
Tiburón puntas negras	4	9	8	21
Tiburón mako	4	4	3	11
Otros peces picudos	4	3	4	11





Continúa Cuadro 2...

Nombre común	2014	2015	2016	Total
Atún blanco o albacora	3	1	2	6
Tiburón zorro	3	5	5	13
Patudo	1	2	2	5
Tiburón azul	1	0	0	1
Tiburón puntas blancas	1	0	1	2
Tiburón martillo	0	1	1	2

Sobre la captura en número de ejemplares durante el periodo 2014-2016 se registraron en total 88,430 de atún aleta amarilla, 7,922 de otros peces, 7,436 de pez espada, 5,504 de marlín azul, 4,270 de barrilete, 3,896 de aguja blanca, 3,576 de peto, 2,896 de atún aleta negra y 2,140 de pez vela, principalmente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Captura (número de ejemplares) de atún aleta amarilla y especies afines por la flota palangrera mexicana en el Golfo de México durante el periodo 2014-2016.

Nombre común	2014	2015	2016	Total
Atún aleta amarilla o rabil	26,714	25,547	36,169	88,430
Aguja azul o marlín azul	1,741	2,046	1,717	5,504
Atún aleta azul o atún rojo del Atlántico	209	233	229	671
Pez espada	2,483	2,108	2,845	7,436
Pez vela	662	702	776	2,140
Otros peces	2,613	2,418	2,891	7,922
Aguja blanca o marlín blanco	1,225	1,520	1,151	3,896
Peto	1,157	848	1,571	3,576
Otros tiburones	110	67	99	276
Barrilete o listado	941	1,367	1,962	4,270
Atún aleta negra	817	878	1,201	2,896
Tiburón puntas negras	70	155	127	352
Tiburón mako	50	50	52	152
Otros peces picudos	141	172	250	563
Atún blanco o albacora	104	56	94	254
Tiburón zorro	36	58	57	151
Patudo	18	44	49	111
Tiburón azul	5	2	5	12
Tiburón puntas blancas	7	8	13	28
Tiburón martillo	4	12	8	24





Conclusiones

Se registraron hasta 29 embarcaciones con actividad de pesca en el Golfo de México durante todo el año, cuyo número de anzuelos se presentó principalmente en el segundo y tercer trimestre. La flota palangrera mexicana captura en su mayoría al atún aleta amarilla, pues durante el periodo de estudio, entre el 77% y 80% corresponde a la captura embodegada en peso, y entre el 61% y 71% en número de ejemplares. La captura incidental embodegada correspondió entre el 20% y el 23%, integrado principalmente por marlín azul, atún aleta azul, pez espada, pez vela, entre otros. La cobertura de observadores a bordo permite un seguimiento puntual de la composición de la captura y esfuerzo de la flota palangrera mexicana en el Golfo de México.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo otorgado al sector productivo, al Fideicomiso de Investigación para el Desarrollo del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines y otros en torno a especies acuáticas protegidas (FIDEMAR), a los observadores, los capitanes y los pescadores.

Literatura citada

- CICAA (Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico). 2017. Informe del Comité Permanente de Investigación y Estadísticas (SCRS). Informe del periodo bienal 2016-2017. 1ª parte (2017). Vol. 2. CICAA. Madrid, España. 369 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1997. NORMA Oficial Mexicana NOM-023-PESC-1996, Que regula el aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación. México. 04 de agosto de 1997.





- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SAG/PESC-2014, Que regula el aprovechamiento de las especies de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación. México. 16 de abril de 2014.
- INP (Instituto Nacional de la Pesca). 1995. Atún del Golfo de México. En: Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. México, pp. 457-487.
- Ramírez, L. K., A. T. Wakida K., L. F. Beléndez M. y M. Á. Cisneros M. 2010. Descripción del sistema de información de la pesquería del atún con palangre en el Golfo de México (SIA). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT 65(2): 695-702.
- Solana, S. R., M. Nava A. y J. O. González. 2002. Obtención de estadísticas de captura y esfuerzo de la pesca mexicana del atún en el Golfo de México. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT 54(5): 1713-1719.





FAUNA DE ACOMPAÑAMIENTO ASOCIADA AL ARRASTRE CAMARONERO DEL GOLFO DE MÉXICO DURANTE 2014

Jorge Luis Oviedo Pérez^{257*}, Heber Zea de la Cruz²⁵⁷, Leticia González Ocaranza²⁵⁷, Juan Balderas Telles²⁵⁷, Guillermo Acosta Barbosa²⁵⁷, Luis Enrique Martínez Cruz²⁵⁷ y Luis Ildelfonso Balan Che²⁵⁷

Resumen

Durante 2014 se estudió la fauna de acompañamiento con valor comercial retenida a bordo (FACCVR) y la fauna de acompañamiento sin valor comercial descartada al mar (FACSVD) en la pesquería de arrastre de camarón del Golfo de México. A partir de 15 cruceros, 632 lances de pesca y una captura total de 200,640 kg, se estimó que la FACCVR representó 15.1% de la captura total del arrastre y estuvo compuesta por 92% de peces óseos, 6% de crustáceos y 2% de moluscos. La FACSVD representó 61% de la captura total y estuvo compuesta por 69% de peces óseos, 14% de basura orgánica e inorgánica, 11% de crustáceos, 3% de moluscos y 3% de algas, equinodermos, poríferos, cnidarios y tunicados. Los elasmobranquios fueron 4.3%. En la FACCVR se identificaron 32 familias y 72 especies. Los peces óseos se conformaron por 27 familias y 65 especies, siendo las más abundantes las familias *Synodontidae*, *Mullidae*, *Sciaenidae*, *Haemulidae*, *Tetraodontidae*, *Lutjanidae*, *Balistidae* y *Paralichthyidae* que representaron 91% de los peces retenidos. Los crustáceos estuvieron representados por tres familias y cuatro especies. Las familias más abundantes fueron *Calappidae*, *Portunidae* y *Sicyoniida*, representando 99.8% de los crustáceos retenidos. De los moluscos se identificaron dos familias y tres especies. Las familias *Loliginidae* y *Octopodidae* representaron 99% de moluscos retenidos. En la FACSVD se identificaron 69 familias y 123 especies. Los peces óseos presentaron 53 familias y 108 especies, siendo las más abundantes las familias *Paralichthyidae*, *Triglidae*, *Sparidae*, *Mullidae*, *Carangidae*, *Sciaenidae*, *Synodontidae*, *Lutjanidae*, *Gerridae* y *Serranidae* con el 84% de peces descartados. Los crustáceos estuvieron representados por 12 familias y 20 especies. Las familias más abundantes fueron *Portunidae*, *Squillidae* y

²⁵⁷ Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA). jorge.oviedo@inapesca.gob.mx





Sicyoniidae, con 84% de los crustáceos descartados. Los moluscos estuvieron representados por cuatro familias y tres especies, siendo la familia *Loliginidae* la más abundante, con 59% de los moluscos descartados. Los elasmobranquios registraron 10 familias y 14 especies, *Gymnuridae* y *Rajidae* las principales.

Palabras clave: peces retenidos, peces descartados, captura incidental, especies asociadas

Introducción

En 2014, la pesquería de arrastre de camarón en el Golfo de México produjo 12,274 t en peso vivo, capturadas por 322 embarcaciones (SAGARPA-CONAPESCA, 2015), que usan la red de arrastre de fondo, caracterizada por la captura incidental de un gran volumen de fauna de acompañamiento asociada, compuesta por especies no objetivo que son aprovechadas dependiendo de su valor económico y tallas de captura y por el descarte, captura que no es aprovechada y se regresa al mar (Alverson *et al.*, 1994; Duarte *et al.*, 2006; Oviedo *et al.*, 2012).

La fauna de acompañamiento asociada al arrastre camaronero (FAC) en el Atlántico mexicano ha sido poco estudiada, por lo que el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INAPESCA) a través del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP) de Veracruz y a partir del proyecto “Estimación de la captura incidental de elasmobranquios en la pesquería de arrastre de camarón en el Golfo de México durante 2014”, incorporó la investigación de la FAC con el fin de contar con mayor y mejor información de la pesquería de camarón. La presencia de elasmobranquios en el arrastre camaronero ha sido estudiada por el INAPESCA desde 2004. Hasta 2012 el estudio se limitó al estado de Veracruz en la temporada de veda. A partir de 2013, la investigación evolucionó y con un enfoque regional y multiespecífico se rediseñó para abarcar los litorales de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche, así como para analizar los grupos de especies asociados a la pesca de arrastre. El enfoque estacional no se ha alcanzado. Los resultados indican tendencias para los índices de captura incidental de la red de arrastre que deben ser validados mediante investigación regional y estacional.





La selectividad del sistema de arrastre puede mejorar con modificaciones tecnológicas, como la colocación de dispositivos excluidores de peces y doble relinga. Se requiere de información detallada sobre la composición de la captura, en especial de la FAC, con el fin de establecer puntos de referencia para la evaluación de la incorporación de estas modificaciones.

El objetivo general del trabajo fue analizar la FAC en la pesquería de arrastre de camarón durante 2014 con el fin de proporcionar información detallada de la fauna de acompañamiento e insumos para la evaluación de la incorporación de mejoras tecnológicas en el sistema de arrastre.

Materiales y métodos

Área y periodo de estudio

El estudio se realizó en el área comprendida en la plataforma continental del Golfo de México en una profundidad de 9 a 91 m en los litorales de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche (Figura 1). El estudio se llevó a cabo de abril a septiembre de 2014.

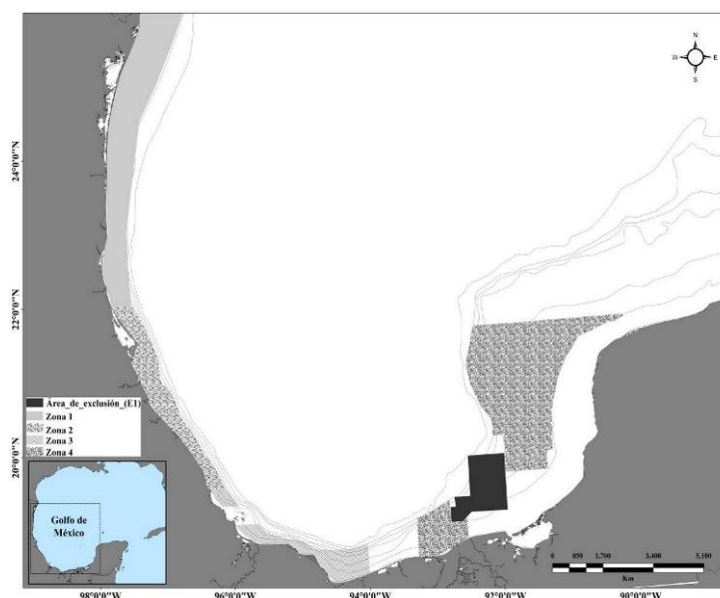


Figura 1. Área de estudio desde Tamaulipas hasta Campeche.





Materiales y métodos

La plataforma de muestreo fueron 9 embarcaciones camaroneras aportadas por el sector productivo que son arrastreros por banda con sistema de redes gemelas; presentan casco de acero de entre 20.0 y 25.8 m de eslora, manga entre 5.8 y 7.0 m y puntal entre 2.0 y 3.6 m; equipados con cuatro redes de arrastre con un tamaño entre 12.8 y 15.2 m de relinga superior, con luz de malla en el cuerpo de 4.4 cm y de 3.8 cm en el bolso, con dispositivos excluidores de tortugas marinas tipo Super Shooter. Las puertas de arrastre son entre 213 x 101 cm y 274 x 111 cm.

Los materiales usados para el muestreo biológico pesquero a bordo fueron ictiómetros de 120 y 50 cm, taras plásticas de 50 y 25 kg, cubetas, formatos de campo, claves de identificación de especies marinas, básculas, grabadoras, pala carbonera y cámaras fotográficas. Al inicio y final de cada lance se registraron los datos referentes a la operación de las redes: hora, posición geográfica, profundidad, velocidad, rumbo, tiempo de arrastre y distancia recorrida.

Técnicas de muestreo y métodos

Las actividades se llevaron a cabo con base en un plan de trabajo elaborado previamente por el INAPESCA y consensuado con los armadores y capitanes de los buques antes del zarpe. Las actividades a bordo se realizaron de acuerdo con las técnicas tradicionales desarrolladas por el INAPESCA, para el muestreo de especies con valor comercial retenidas a bordo, de especies sin valor comercial descartadas al mar y de elasmobranquios.

Una vez vaciados los bolsos de las redes de arrastre en la cubierta de las embarcaciones, con la participación de las tripulaciones y de acuerdo con la forma tradicional de manejo de la producción a bordo, las capturas se clasificaron y cuantificaron en cinco grupos de especies, a los que se agregó el grupo de elasmobranquios, para quedar de la siguiente manera: 1) camarón; 2) moluscos con valor comercial retenidos a bordo; 3) otros crustáceos con valor comercial retenidos a bordo; 4) peces óseos con valor comercial retenidos a bordo; 5) elasmobranquios; y 6) descarte o fauna que se regresa al mar. La FACCVR se consideró integrada por los grupos de 2, 3 y 4.

La composición de la captura del arrastre camaronero fue expresada en porcentaje de





contribución en peso a la captura total para cada uno de estos grupos de especies y fue determinada globalmente para el Golfo de México. La captura total de camarón en cada lance de pesca fue estimada en cubierta con la ayuda de una báscula portátil, una vez que el crustáceo fue clasificado en sus diferentes presentaciones.

En todos los lances, los otros crustáceos, peces óseos y moluscos con valor comercial retenidos a bordo, así como los elasmobranquios, fueron separados y clasificados por especie. El peso se tomó globalmente por especie, se contó el número total de organismos por especie y de cada una de éstas se tomaron las medidas morfométricas principales de hasta 10 ejemplares tomados al azar.

En todos los lances, el volumen de la captura de las especies sin valor comercial que son descartadas fue estimado antes de regresarlas al mar. Se utilizaron una pala carbonera y una tara plástica de 25 kg, contando el número de paladas o el número de taras que se descartan por lance y convirtiéndolas a kilogramos, verificando periódicamente el peso de cada palada o de cada tara.

Para determinar la composición del descarte, se tomó una muestra equivalente a la mitad de una cubeta de 20 L, que al término del lance fue clasificada y pesada por especie, contando el número total de organismos por especie y tomando las medidas morfométricas principales de hasta 10 ejemplares tomados al azar de cada una de ellas. La información biológica y pesquera de los diversos grupos de especies se capturó en una hoja de cálculo en Excel, para posteriormente determinar la estructura de tallas y estimar los estadísticos descriptivos; cuando fue posible, se determinó la proporción sexual.

La incidentalidad se expresó como el porcentaje de captura en kilogramos en relación a la captura total para cada uno de los grupos de especies. Se ejemplifica fórmula con elasmobranquios.

$$\text{Incidentalidad} = CI = (C_{\text{elasma}} / C_{\text{tot}}) \times 100$$

Donde: CI es la captura incidental de elasmobranquios, C_{elasma} es la captura de elasmobranquios en kilogramos, C_{tot} es la captura total del sistema de arrastre.



Resultados y discusión

Composición de la captura total por grupos de especies

Se monitorearon 15 viajes de pesca con 632 lances y una captura total de 200,693 kg. La composición de la captura en peso para los seis grupos de especies fue: 1) camarón 19.7%; 2) moluscos con valor comercial retenidos a bordo 2.6%; 3) otros crustáceos retenidos 1.1%; 4) peces óseos retenidos 11.4%; 5) elasmobranquios 4.3%; y 6) de descarte al mar 61% (Figura 2).

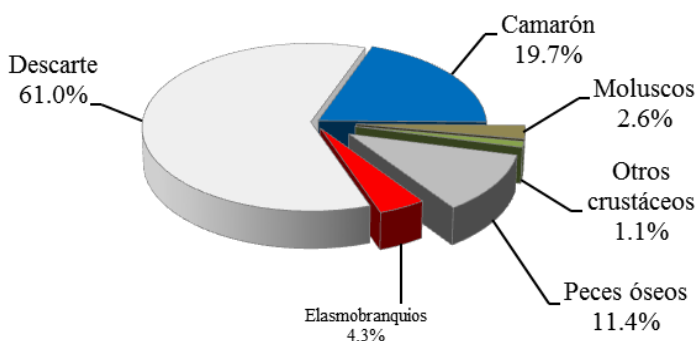


Figura 2. Composición porcentual por grupos de especies de la captura total (n= 200,693 kg).

FACCVR

Se integra con los grupos de especies 2, 3 y 4, representando el 15.1% de la captura total. El estudio de la FACCVR se realizó durante 550 lances en los que se analizaron 22,513 kg de captura retenida a bordo, constituida por 30,640 ejemplares de peces óseos, moluscos y crustáceos de los que recolectaron datos morfométricos de 17,165 organismos. La FACCVR estuvo está conformada en peso por 92% de peces óseos, 2% de moluscos y 6% de crustáceos (Figura 3).

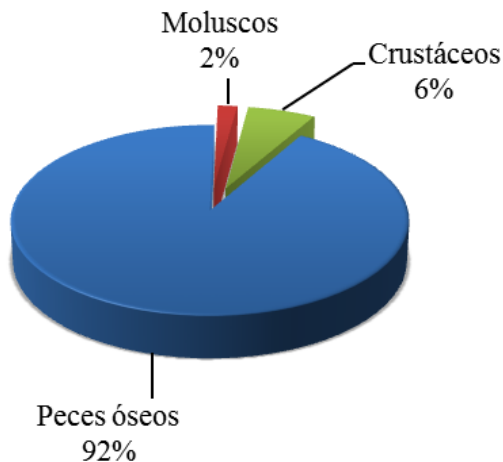


Figura 3. Composición porcentual por grupos de especies de la FACCVR (n= 22,513 kg).

En la FACCVR se identificaron 32 familias y 72 especies marinas, que corresponden a 27 familias y 65 especies de peces óseos, 3 familias y 4 especies de crustáceos y a 2 familias y 3 especies de moluscos. Los chiles, conjunto de tres especies de la familia *Synodontidae*, y los chivos, conjunto de dos especies de la familia *Mullidae*, fueron el 60.7% en peso de los peces retenidos a bordo y se destinaron como carnada para otras pesquerías. El resto de las principales especies de peces óseos retenidos a bordo representaron 30% en peso, y se comercializaron para consumo humano, como el ronco (*Conodon nobilis*), conejo (*Lagocephalus laevigatus*), cochino (*Balistes spp.*), trucha (*Cynoscion arenarius*), lenguados, complejo de especies de la familia *Paralichthyidae*, besugo amarillo (*Pristipomoides aquilonaris*), ratón (*Menticirrhus americanus*), caballo (*Priocanthus arenatus*), huachinango (*Lutjanus campechanus*) y rascacio (*Scorpaena brasiliensis*). Los moluscos compuestos principalmente por los calamares que representaron 90%, se destinaron a carnada en otras pesquerías o a consumo humano. Los crustáceos compuestos principalmente por el cangrejo moro y las jaibas que representaron 99% se destinaron a consumo humano (Cuadro 1).

FACSVD

El descarte o fauna de acompañamiento sin valor comercial regresada al mar representó el 61% en peso de la captura total. Para la determinación de la composición de la FACSVD, se analizaron 284 lances de pesca, en los que se tomó una submuestra total de la fauna





descartada de 2,598 kg, equivalentes a 93,472 organismos, de los que se tomaron datos morfométricos a 33,605. De manera global para el Golfo de México, se estimó que la composición del descarte en las capturas del sistema de arrastre camaronero está conformada por 68.8% de peces, 14.15% de basura orgánica e inorgánica, 10.77% de crustáceos, 2.93% de moluscos y 3.35% de algas, equinodermos, poríferos, cnidarios y tunicados (Figura 4).

Cuadro 1. FACCVR. Principales familias y especies de peces óseos, crustáceos y moluscos con valor comercial retenidos a bordo. Talla promedio. Participación porcentual en peso por grupo.

	Familia	Especie	Talla promedio (cm)	% Peso	
Peces	Synodontidae	<i>Saurida normani</i>			
		<i>Synodus foetens</i>	29	40.9	
		<i>Trachinocephalus myops</i>			
	Mullidae	<i>Upeneus parvus</i>	15	19.8	
		<i>Mullus auratus</i>			
	Haemulidae	<i>Conodon nobilis</i>	25	6	
	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	36	4.7	
	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	31	4.4	
		<i>Balistes spp.</i>			
	Sciaenidae	<i>Cynoscion arenarius</i>	27	3.7	
	Paralichthyidae	<i>Cyclopsetta chittendeni</i>			
		<i>Syacium gunteri</i>	27	3.5	
			<i>Syacium microrum</i>		
	Lutjanidae	<i>Pristipomoides aquilonaris</i>	22	2.2	
	Sciaenidae	<i>Menticirrhus americanus</i>	26	2	
Priacantidae	<i>Priocanthus arenatus</i>	25	1.8		
Lutjanidae	<i>Lutjanus campechanus</i>	24	1.7		
Moluscos	Loliginidae	<i>Liliolopsis diomedae</i>		97	
		<i>Loligo palei</i>			
Crustáceos	Calappidae	<i>Calappa sulcata</i>		68	
	Portunidae	<i>Portunus spinimanus</i>		17	
		<i>Callinectes sapidus</i>		14	



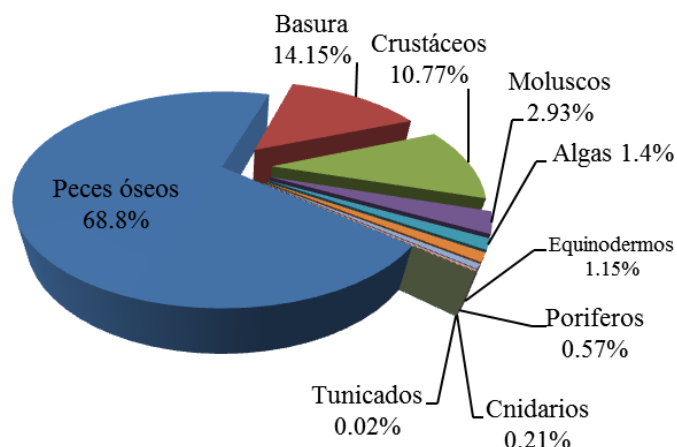


Figura 4. Composición porcentual por grupos de especies de la FACSVD (n= 2,598 kg).

La FACSVD estuvo compuesta por 69 familias y 123 especies. Las principales especies de peces óseos fueron los lenguados *Cyclopsetta chittendeni*, *Syacium gunteri*, *Syacium microrum*; el pájaro (*Prionotus longispinosus*); los chivos *Upeneus parvus* y *Mullus auratus*; los chiles *Saurida normani*, *Synodus foetens*, *Trachinocephalus myops*; pluma (*Calamus leucosteus*), besugo (*Pristipomoides aquilonaris*), ojón (*Trachurus lathamii*), mojarra (*Diapterus auratus*), tripón (*Serranus atrobranchus*) y ratón (*Micropogonias undulatus*), que representaron 65 % de los peces óseos descartados. Las principales especies de crustáceos fueron *Squilla* sp., *Callinectes sapidus*, *Sicyonia* sp., *Portunus spinicarpus* y *Portunus spinimanus*, que representaron 83.6% de los crustáceos descartados. Las principales especies de moluscos fueron *Loliolopsis diomedea* y *Loligo palei*, que representaron 59% de los moluscos descartados (Cuadro 2).

Cuadro 2. FACSVD. Principales familias y especies de peces óseos, crustáceos y moluscos sin valor comercial descartados al mar. Talla promedio. Participación porcentual en peso por grupo.

Familia	Especie	Talla promedio (cm)	% Peso	
Peces	<i>Cyclopsetta chittendeni</i>			
	Paralychtidae	<i>Syacium gunteri</i>	12	15.5
		<i>Syacium microrum</i>		
	Triglidae	<i>Prionotus longispinosus</i>	14	9.6
	Mullidae	<i>Upeneus parvus</i>	13	9.3
	<i>Mullus auratus</i>			



Continúa Cuadro 2...

	Familia	Especie	Talla promedio (cm)	% Peso
Peces	Synodontidae	<i>Saurida normani</i>	15	6.6
		<i>Synodus foetens</i>		
		<i>Trachinocephalus myops</i>		
	Sparidae	<i>Calamus leucosteus</i>	10	5.5
	Lutjanidae	<i>Pristipomoides aquilonaris</i>	13	5.4
	Carangidae	<i>Trachurus lathamii,</i>	15	3.6
	Gerreidae	<i>Diapterus auratus,</i>	13	3.3
	Serranidae	<i>Serranus atrobranchus,</i>	9	3.2
Sciaenidae	<i>Micropogonias ondulatus</i>	18	2.9	
Crustáceos	Portunidae	<i>Callinectes sapidus</i>		13.8
		<i>Portunus sp.</i>		11.1
		<i>Portunus spinicarpus</i>		8.4
		<i>Portunus spinimanus</i>		6.9
	Squillidae	<i>Squilla sp.</i>		30.3
	Sicyoniidae	<i>Sicyonia sp.</i>		13.1
	Penaeidae	<i>Penaeus sp.</i>		3.7
		<i>Xiphopenaeus kroyeri</i>		1.5
<i>Trtachipenaeus similis</i>			1	
Moluscos	Loliginidae	<i>Liliolopsis diomedae</i>		59
		<i>Loligo palei</i>		

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Leal *et al.* (2009), quienes reportaron peces óseos y crustáceos como principales componentes de la fauna incidental en la pesquería artesanal de camarón en Yucatán, aunque por el carácter artesanal de la pesquería no hay coincidencia en las principales especies de peces. También coinciden con los resultados de Oviedo-Pérez *et al.* (2012), quienes determinaron 146 especies asociadas al arrastre camaronero en Veracruz, integradas por peces óseos, crustáceos, moluscos y elasmobranquios; asimismo, con las principales especies y los valores de participación porcentual en peso en la captura total de la FACCVR y FACSVD. Con los resultados de Wakida *et al.* (2013) hay coincidencia en el elevado número de especies asociadas, el listado de especies y los principales grupos; los resultados difieren en el listado y la participación en la captura de las principales especies asociadas, aparentemente por la zona, temporada, esfuerzo y técnicas de muestreo. En los cuadros se observa que las principales especies de





peces, crustáceos y moluscos formaron parte de la FACCVR y la FACSVD, presentando mayores tallas cuando son retenidas a bordo, por lo que su análisis demanda de mayor atención.

Conclusiones

1. Se confirmó el carácter multiespecífico de la pesquería de arrastre de camarón. 2. La captura total del arrastre se integró en peso por seis grupos de especies: 19.7% de camarón, 2.6% de moluscos con valor comercial retenidos a bordo, 1.1% de otros crustáceos retenidos, 11.4% de peces óseos retenidos, 4.3% de elasmobranquios y 61% de descarte al mar. 3. La FACCVR, destinada a carnada y consumo humano, representó el 15.1% en peso de la captura total y estuvo conformada por 92% de peces, 2% de moluscos y 6% de crustáceos. 4. La FACSVD se descartó al mar, representó el 61% en peso de la captura total y estuvo conformada por 68.8% de peces, 14.15% de basura orgánica e inorgánica, 10.77% de crustáceos, 2.93% de moluscos y 3.35% de algas, equinodermos, poríferos, cnidarios y tunicados. 5. Se registraron 12 especies de peces, moluscos y crustáceos que formaron parte a la vez de la FACCVR y de la FACSVD: *Saurida normani*, *Synodus foetens*, *Trachinocephalus myops*, *Upeneus parvus*, *Mullus auratus*, *Cyclopseta chittendeni*, *Syacium gunteri*, *Syacium microrum*, *Portunus spinimanus*, *Callinectes sapidus*, *Liliolopsis diomedae* y *Loligo palei*. 6. Esta primera descripción detallada de la composición de la FACCVR y de la FACSVD en el arrastre camaronero el Golfo de México representa un punto de referencia para la evaluación de potenciales modificaciones tecnológicas al sistema de pesca, como es la incorporación de un Dispositivo Excluidor de Peces (DEP) y de la Doble Relinga.

Agradecimientos

Se reconoce y agradece la participación y apoyo recibido de los armadores y tripulaciones de los barcos camaroneros y de las autoridades del INAPESCA, CONAPESCA, SCT y SEMAR, así como de los observadores científicos del INAPESCA.





Literatura Citada

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) CONAPESCA Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura). 2015. Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2014.
- Alverson, D. L., M. H. Freeberg, S. A. Murawski and J. G. Pope. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. Roma FAO. Fish. Biol Tech. No. 339. 233 p.
- Duarte, L., P. Gómez C., L. M. Manjares, C. García, F. Escobar y J. Altamar. 2006. Variabilidad circadiana de la tasa de captura y la estructura de tallas en camarones e ictiofauna acompañante en la pesquería de arrastre del Mar Caribe de Colombia. *Investigaciones Marinas* 34(1): 23-42.
- Leal, S. A., M. A. Cabrera y S. Salas. 2008. Caracterización de la fauna incidental en la pesquería artesanal de camarón en la laguna de Chabihau, Yucatán, México.
- Oviedo P., J. L., L. González O., L. E. Martínez C., J. A. Balderas T., H. Zea De la C. y J. Martínez-T. 2012. Composición de capturas del arrastre camaronero durante 2011. Informe Técnico (documento interno). Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Instituto Nacional de Pesca. 32 p.
- Wakida K. A. T., I. Becerra De la R., A. González C. y L. E. Amador del Á. 2013. Distribución y abundancia de la fauna acompañante del camarón en la costa de Tamaulipas, México (veda del 2005). *Universidad y Ciencia* 29(1):75-86.





VULNERABILIDAD DE TIBURONES Y RAYAS A LA PESCA ARTESANAL EN EL LITORAL DE VERACRUZ

Heber Zea de la Cruz^{258*}, Jorge Luis Oviedo Pérez²⁵⁸, Leticia González Ocaranza²⁵⁸ y Javier Tovar
Ávila²⁵⁸

Resumen

La mayoría de los tiburones y rayas son particularmente vulnerables a la sobreexplotación debido a sus características de estrategia de vida. A pesar de su baja productividad biológica son un grupo heterogéneo con distinta capacidad de recuperación. El análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) permite evaluar de manera rápida la vulnerabilidad de las especies y priorizar los esfuerzos de investigación sobre especies de las cuales existe poca información biológica y especies de alto riesgo a la sobreexplotación. El objetivo del presente trabajo fue determinar la vulnerabilidad de las principales especies de tiburones y rayas frente a la pesca artesanal en el litoral de Veracruz, para identificar especies que requieran esfuerzos de investigación y estrategias de conservación. Se llevó a cabo un análisis de PSA para determinar la vulnerabilidad, con base en la productividad biológica (PB) y susceptibilidad de captura (SC) de cada especie. La PB y SC se calcularon mediante 10 atributos biológicos y 10 atributos de SC, respectivamente. La estimación de la PB, SC y la vulnerabilidad se realizó mediante el software PSA, versión 1.4.0.0. Se simuló un escenario hipotético bajo la existencia de estrategias de manejo para las rayas y se exploró el comportamiento de la SC y la vulnerabilidad. Las especies con vulnerabilidad baja fueron *Rhizoprionodon terraenovae* y *Gymnura micrura*, las de vulnerabilidad moderada fueron *Carcharhinus limbatus*, *Carcharhinus plumbeus*, *Carcharhinus brevipinna* y *Hypanus americanus*, y el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) presentó una vulnerabilidad alta. Las especies con vulnerabilidad moderada y alta a la sobrepesca en la pesca artesanal requieren prioridad de investigación y el seguimiento del comportamiento de las capturas de sus poblaciones. Mediante el escenario hipotético simulado con la existencia de medidas de

²⁵⁸ Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Correo electrónico: heber.zea@inapesca.gob.mx





manejo para rayas, se disminuye la SC, y para la raya (*H. americanus*) la vulnerabilidad disminuye de moderada a baja; es necesario reforzar la investigación biológica sobre la raya blanca.

Palabras clave: productividad biológica, susceptibilidad, elasmobranquios, Golfo de México

Introducción

La pesca de tiburones en México es una actividad importante desde el punto de vista económico, alimentario y social desde la generación de empleos y alimento (DOF, 2007), que se ha desarrollado de manera tradicional en el Golfo de México. En el litoral de Veracruz se realiza con palangres y redes donde se capturan 29 especies: 21 de tiburones y 8 de rayas. Las especies más representativas en composición numérica son *Rhizoprionodon terraenovae*, *Carcharhinus limbatus*, *Hypanus americanus* y *Gymnura micrura* (Zea-de la Cruz *et al.*, 2016). La mayoría de los tiburones y rayas (elasmobranquios) son particularmente vulnerables a la sobreexplotación, debido a su estrategia de vida, caracterizada por un crecimiento individual lento, madurez sexual tardía, largos periodos de gestación y baja fecundidad. A pesar de su baja productividad biológica, son un grupo heterogéneo con distinta capacidad de recuperación (Smith *et al.*, 1998; Walker, 2005). En consecuencia, algunas especies son más resilientes a la mortalidad por pesca, dependiendo de su vulnerabilidad y de su productividad biológica (Stevens *et al.*, 2000).

Para determinar especies de elasmobranquios con alto riesgo y que necesitan medidas de manejo, es necesario aplicar técnicas de evaluación rápida que proporcionan bases para establecer prioridades de investigación. Bajo este contexto, un enfoque de evaluación de riesgo ecológico por efectos de la pesca (ERAEF, por sus siglas en inglés) se ha usado en pesquerías de Australia, y actualmente recibe interés internacional. El ERAEF consiste de tres niveles jerárquicos, dentro del cual se encuentra el análisis de productividad y susceptibilidad (PSA), que es una evaluación semicuantitativa (Hobday *et al.*, 2011).

El PSA permite evaluar de manera rápida la vulnerabilidad relativa (V) de cada una de las especies en casos de insuficiencia de información y un enfoque precautorio, proporciona





información sobre los efectos de la pesca tomando en cuenta la productividad biológica y la susceptibilidad de captura a cada método de pesca (Tovar *et al.*, 2010), y puede ser utilizado para priorizar los esfuerzos de investigación sobre especies con alta susceptibilidad de las cuales existe poca información (Cortés *et al.*, 2010) y la identificación de especies de alto riesgo a la explotación. La vulnerabilidad de una población a la sobrepesca se define como el potencial de disminución de la productividad, debido a la presión pesquera directa e indirecta (Patrick *et al.*, 2009), donde se espera que ésta difiera entre las especies. Los dos elementos para determinar la vulnerabilidad son la productividad del stock, que se refiere a la capacidad de la población para recuperarse (una función de las características de historia de vida del stock) y la susceptibilidad o grado en la cual la pesquería puede impactar negativamente (Patrick *et al.*, 2009; Furlong *et al.*, 2017). El objetivo del presente trabajo es determinar la vulnerabilidad de las principales especies de tiburones y rayas frente a la pesca artesanal en el litoral de Veracruz, para identificar especies que requieran esfuerzos de investigación y estrategias de conservación.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) para determinar la vulnerabilidad (V) de las principales especies de tiburones y rayas en la pesca artesanal palangrera de Veracruz (Cuadro 1), con base en su productividad biológica (PB) y susceptibilidad de captura (SC).

Cuadro 1. Principales especies de tiburones y rayas en la pesca artesanal en el litoral de Veracruz.

Especie	Nombre común
<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	Cazón Caña hueca
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Tiburón puntas negras
<i>Sphyrna lewini</i>	Tiburón martillo común
<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Tiburón aleta de cartón
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Tiburón punta de lápiz
<i>Hypanus americanus</i>	Raya blanca
<i>Gymnura micrura</i>	Raya mariposa





La información de las principales especies en la pesca artesanal de la flota tiburonera proviene de los monitoreos realizados por el proyecto Tiburón, desarrollado por el Instituto Nacional de Pesca en el litoral de Veracruz durante el 2016. Para determinar la vulnerabilidad se siguió el método utilizado por Furlong *et al.* (2017), que está basado en atributos biológicos y de captura específicos para poblaciones de elasmobranquios, del método original de Patrick *et al.* (2009).

Productividad biológica y susceptibilidad de captura

Para calcular la productividad biológica se utilizaron 10 atributos biológicos y 10 atributos para determinar la susceptibilidad de captura; estos atributos son descritos en los Cuadros 2 y 3. Para estimar la PB se utilizó la información de estudios realizados en el sureste del Golfo de México de cada una de las especies; cuando esta información no fue existente, se utilizó información de áreas geográficas cercanas en el siguiente orden de prioridad: norte del Golfo de México, Atlántico y regiones del Pacífico, del género similar o finalmente de la base de datos de fishbase.org (Froese y Pauly, 2011). En especies donde no existen estimaciones de mortalidad natural (M), ésta se estimó utilizando el método propuesto por Then *et al.* (2015) para elasmobranquios: $M = 4.899 \times t_{max}^{-0.916}$, donde t_{max} es la edad máxima en años. Para evaluar la PB y SC de las especies, se asignó un valor de rango de productividad/susceptibilidad en la escala de 1 a 3, que corresponde a la categoría baja, media o alta, respectivamente, para cada atributo de PB y S. De acuerdo a su valor relativo a la contribución de PB y SC, se le asignó un peso con valor de 2 para cada atributo de acuerdo con Cope *et al.* (2011) (Cuadros 2 y 3).





Cuadro 2. Atributos biológicos para estimar la productividad biológica de las principales especies de tiburones y rayas en la pesca artesanal de Veracruz.

Atributo	Peso	Definición	Rangos de productividad		
			Alta (3)	Media (2)	Baja (1)
r	2	Tasa intrínseca de crecimiento de la población o máximo crecimiento de población sin pesca	>0.5	0.16-0.5	<0.16
Edad máxima	2	Indicador directo de la tasa de mortalidad natural (M)	<10 años	10-30 años	>30 años
Talla máxima	2	Correlacionada con la productividad, peces más grandes tienen baja productividad	< 60 cm	60-150 cm	>150 cm
Coefficiente de crecimiento k	2	Medida de la rapidez con la que un pez alcanza su talla máxima	>0.25	0.15-0.25	<0.15
Mortalidad natural (M)	2	Refleja directamente la productividad de la población; stocks con alta mortalidad natural requieren alta productividad para mantener los niveles de la población	>0.40	0.20-0.40	<0.20
Fecundidad anual	2	Número de huevos o crías producidos por hembra por periodo reproductivo	>66	33-66	<33
Ciclo reproductivo	2	Puede definirse con qué frecuencia las especies tienen crías; stocks con ciclos reproductivos más cortos tienen más alta productividad que aquellos con ciclos reproductivos más largos.	Bianual	Anual	Bienal o mas
Talla de madurez	2	Tiende a ser positivamente correlacionado con la talla máxima. Stocks de vida larga y baja productividad son más grandes que los stocks con vida corta	<100 cm	100-150 cm	>150 cm
Edad de madurez	2	Tiende a ser positivamente correlacionado con la edad máxima; stocks más longevos y baja productividad son de mayor edad que los de vida corta	< 2 años	2 a 4 años	>4 años
Nivel trófico	2	Bajos niveles tróficos generalmente son más productivos que los de altos niveles tróficos	<2.5	2.5-3.5	>3.5





Cuadro 3. Atributos para evaluar la susceptibilidad de las principales especies de tiburones y rayas en la pesca artesanal en Veracruz.

Atributo	Peso	Definición	Rangos de susceptibilidad		
			Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
Estrategia de manejo	2	La susceptibilidad de un stock a la sobrepesca depende de la efectividad del procedimiento de manejo para el control de la captura	Especies objetivo tienen límites de captura y las no objetivo son monitoreadas	Especies objetivo tienen límites de captura	Especies objetivo no tienen límites de captura y stock no objetivo no son monitoreados
Traslape del área	2	Medida del traslape geográfico entre la distribución conocida del Stock y el de la pesquería de camarón	< 25 % del stock presente en el área de pesca	25-50% del stock presente en el área de pesca	>50 % del stock presente en el área de pesca
Concentración geográfica	2	Medida en la que el stock se concentra en áreas pequeñas	El stock es concentrado en >50% de su rango total	El stock es concentrado en el 25-50% de su rango total	El stock es concentrado en < 50% de su rango total
Traslape vertical	2	Ubicación del stock en la columna de agua en relación al arte de pesca	< 25% del stock presente en la profundidad de pesca	25-50% del stock presente en la profundidad de pesca	>50% del stock presente en la profundidad de pesca
Migración estacional	2	Incremento o decremento en la interacción de las especies con la pesquería cuando ocurren migraciones estacionales	Las migraciones disminuyen la interacción pesquería-especies	Las migraciones no afectan la interacción pesquería-especies	Las migraciones incrementan la interacción pesquería-especies
Agregaciones	2	Agregaciones de los organismos por alimentación o reproducción (periodos de dos meses o más)	La agregación decrece la interacción de la pesquería y especies	La agregación no afecta la interacción de la pesquería y especies	La agregación incrementa la interacción de la pesquería y especies
Morfología que promueve su captura	2	La capacidad del arte de pesca para capturar organismos basado en sus características morfológicas	Especies muestran baja susceptibilidad al arte de pesca	Especies muestran moderada susceptibilidad al arte de pesca	Especies muestran alta susceptibilidad al arte de pesca
Supervivencia después de su captura y liberación	2	La supervivencia del organismo después de su captura y liberación varía por especie, región, arte de pesca, y condiciones de mercado.	Probabilidad de supervivencia >67%	33-66% de probabilidad de supervivencia	< 33% de probabilidad de supervivencia
Stock con interés para retención	2	Se asume que organismos con alto valor son más susceptibles a la sobrepesca o hay sobrepesca por el incremento en el esfuerzo por pesca recreativa y la pesca comercial	Captura incidental con bajo o nulo valor	Captura incidental con medio a alto valor	Stock objetivo de la pesquería
Impacto de la pesquería sobre el Hábitat	2	Una pesquería puede tener un efecto indirecto sobre una especie por impactos adversos sobre el hábitat	Efectos adversos ausentes, mínimos o temporales	Efectos adversos más que mínimos o temporales, pero son mitigados	Efectos adversos más que mínimos o temporales y no son mitigados





Vulnerabilidad

El análisis de los datos de productividad y susceptibilidad y la determinación de la vulnerabilidad de las principales especies de tiburones y rayas en la pesca artesanal palangrera, se realizó mediante el software PSA, versión 1.4.0.0, de la NOAA Fisheries Toolbox, disponible en la página electrónica <http://nft.nefsc.noaa.gov/PSA.html>.

La vulnerabilidad (V) de las especies se estimó calculando la distancia Euclidiana de cada especie al foco del gráfico de RE (Cortés *et al.*, 2010) con la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{(P - 3)^2 + (S - 1)^2}, \text{ donde } P \text{ es la } \overline{PB} \text{ y } S \text{ es la } \overline{SC}.$$

La vulnerabilidad fue categorizada de acuerdo a Cope *et al.* (2011) y Furlong-Estrada *et al.* (2017): $V < 1.8$ fue asociada con una vulnerabilidad baja, $V = 1.8-2.0$ fue moderada y $V > 2.0$ fue vulnerabilidad alta. Se utilizó este análisis para desarrollar un escenario hipotético en el cual se implementen medidas de manejo para las rayas; en este sentido, se modificó el valor del atributo de “estrategia de manejo”, y de esta manera visualizar el comportamiento de los valores de susceptibilidad y vulnerabilidad.

Resultados y discusión

Las especies que presentaron mayor valor promedio de productividad biológica fueron *R. terraenovae* y *G. micrura* ($PB \geq 2.0$), las especies con productividad media fueron *C. limbatus*, *Carcharhinus brevipinna* y *H. americanus*, mientras que las de baja productividad biológica fueron *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus plumbeus* ($PB \leq 1.5$). La susceptibilidad de captura (SC) resultó mayor a 2.0 en todas las especies; sin embargo, las de mayor valor promedio fueron *S. lewini*, *H. americanus* y *G. micrura* con un valor de 2.4. Las especies con vulnerabilidad baja ($V < 1.8$) fueron *R. terraenovae* y *G. micrura*, las especies con vulnerabilidad moderada ($V = 1.8-2.0$) fueron *C. limbatus*, *C. plumbeus*, *C. brevipinna* y *H. americanus*, el tiburón martillo (*S. lewini*) presentó una vulnerabilidad alta ($V = 2.09$) (Figura 1).

A pesar que *R. terraenovae* se ha reportado como la especie de mayor importancia numérica en la pesca artesanal, ésta presenta una alta productividad biológica que le confiere y ubica en un rango de vulnerabilidad baja; este mismo patrón ocurre con la raya mariposa (*G.*



micrura), misma que a pesar de tener una susceptibilidad de captura alta, presenta una alta productividad biológica (Figura 1).

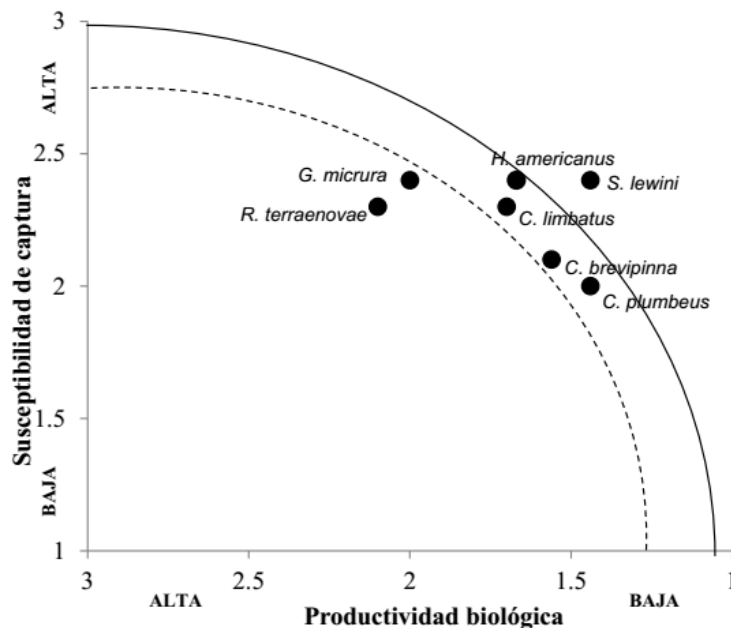


Figura 1. Productividad y susceptibilidad de las principales especies de tiburones y rayas en la pesca artesanal en el litoral de Veracruz. Las líneas representan los límites de vulnerabilidad 1.8 (línea punteada) y 2.0 (línea continua).

Con base en los resultados del PSA, las especies *S. lewini*, *H. americanus*, *C. plumbeus*, *C. limbatus* y *C. brevipinna* son vulnerables a la sobrepesca, por lo que requieren atención de investigación y el seguimiento del comportamiento de las capturas de sus poblaciones. A pesar de la vulnerabilidad en las especies de tiburones, para el caso de *C. limbatus* se reporta la captura únicamente de juveniles en temporadas migratorias de invierno y de machos adultos en primavera, por lo cual esta especie no está disponible todo el año y no se registran las hembras adultas, lo que contribuye a que el reclutamiento de juveniles a la población esté asegurado. *S. lewini* y *C. plumbeus* son especies que no se capturan abundantemente; del tiburón martillo se registraron en su mayoría a juveniles y machos adultos; las hembras preñadas no están sujetas a la pesca en la flota artesanal y del tiburón aletón se registran en su mayoría machos adultos y de hembras adultas un porcentaje bajo (Zea-de la Cruz *et al.*, 2016).



Las especies de tiburones tienen como medidas de manejo un periodo de veda para la pesca para los principales periodos reproductivos de las principales especies con importancia comercial; para el Golfo de México, las rayas no están incluidas dentro de esta medida de manejo. Mediante un escenario hipotético simulado con la existencia de medidas de manejo para rayas, se disminuye la susceptibilidad de captura; estos resultados fueron benéficos, principalmente para la raya blanca (*H. americanus*), que es la principal especie de rayas en las capturas de la flota artesanal. Bajo este escenario, la susceptibilidad de captura disminuye de 2.4 a 2.2, por lo que la vulnerabilidad igualmente disminuye de 1.79 y 1.56 para la raya blanca y la raya mariposa, respectivamente. Este escenario se torna benéfico para la raya blanca que cambia de una vulnerabilidad moderada a una vulnerabilidad baja ($V < 1.8$; Figura 2). Los valores de productividad, susceptibilidad y vulnerabilidad bajo condiciones actuales y el escenario hipotético con medidas para rayas se presentan en el Cuadro 4. Con base en lo anterior, es necesario reforzar la investigación biológica sobre la raya blanca, como principales periodos reproductivos, de alumbramiento y temporadas de presencia o agregaciones de hembras grávidas, a fin de tener los elementos en las decisiones de implementación de medidas de manejo.

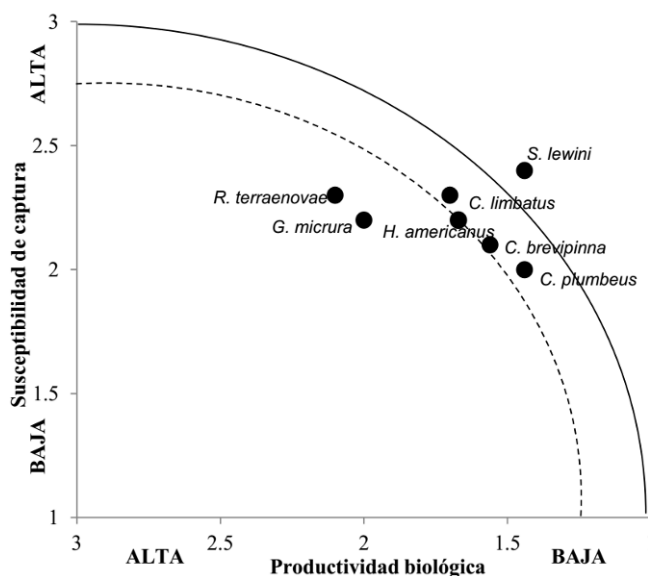


Figura 2. Productividad y susceptibilidad de las principales especies de tiburones y rayas bajo un escenario hipotético con medidas de manejo para dos especies de rayas en la pesca artesanal palangrera en el litoral de Veracruz. Las líneas representan los límites de vulnerabilidad 1.8 (línea punteada) y 2.0 (línea continua).





Cuadro 4. Productividad, susceptibilidad y vulnerabilidad de las especies de tiburones y rayas bajo un escenario actual e hipotético de implementación de medidas de manejo para las rayas en la pesca artesanal en el litoral de Veracruz.

Especie	Escenario actual			Escenario hipotético		
	P	S	Vulnerabilidad	P	S	Vulnerabilidad
<i>R. terraenovae</i>	2.10	2.3	1.58	2.10	2.3	1.58
<i>C. limbatus</i>	1.70	2.3	1.84	1.70	2.3	1.84
<i>S. lewini</i>	1.44	2.4	2.09	1.44	2.4	2.09
<i>C. plumbeus</i>	1.44	2.0	1.85	1.44	2.0	1.85
<i>C. brevipinna</i>	1.56	2.1	1.82	1.56	2.1	1.82
<i>H. americanus</i>	1.67	2.4	1.93	1.67	2.2	1.79
<i>G. micrura</i>	2.00	2.4	1.72	2.00	2.2	1.56

Conclusiones

1. Las especies con mayor productividad biológica fueron *R. terraenovae* y *G. micrura*, y las de baja productividad biológica fueron *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus plumbeus*. 2. Las especies con vulnerabilidad baja a la pesca artesanal en Veracruz fueron *R. terraenovae* y *G. micrura*. 3. Las especies con vulnerabilidad moderada y alta a la sobrepesca en la pesca artesanal, tiburón martillo (*S. lewini*), raya blanca (*H. americanus*) y *C. plumbeus*, requieren atención de investigación y el seguimiento del comportamiento de las capturas de sus poblaciones. 4. Mediante un escenario hipotético simulado con la existencia de medidas de manejo para las rayas, resultó que disminuye su vulnerabilidad de moderada a baja para la raya blanca (*H. americanus*). 5. Es necesario reforzar la investigación biológica sobre la raya blanca, como principales periodos reproductivos y temporadas de presencia o agregaciones de hembras grávidas, a fin de tener los elementos en la decisión de medidas de manejo.

Literatura citada

Cope, J. M., J. DeVore, E. J. Dick, K. Ames, J. Budrick, D. L. Erickson, J. Grebel, G. Hanshaw, R. Jones, L. Mattes, C. Niles and S. Williams. 2011. An approach to defining stock complexes for U.S. west coast groundfishes using vulnerabilities and ecological distributions. *North Am. J. Fish. Manage.* 31:589-604.





- Cortés, E., F. Arocha, L. Beerkircher, F. Carvalho, A. Domingo, M. Heupel, H. Holtzhausen, M. N. Santos, M. Ribera and C. Simpfendorfer. 2010. Ecological risk assessment of pelagic sharks caught in Atlantic pelagic longline fisheries. *Aquatic Living Resources* 23:25-34.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006. Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Diario Oficial de la Federación. México. 14 de febrero de 2007.
- Froese, R. and D. Pauly. 2011. FishBase. World Wide Web electronic publication. Available online at www.fishbase.org (Downloaded 2011).
- Furlong, E., E. F. Galván M. and J. Tovar Á. 2017. Use of the productivity and susceptibility analysis and a rapid management risk assessment to evaluate the vulnerability of sharks caught off the west coast of Baja California Sur, Mexico. *Fish. Res.* 194:197-208.
- Hobday, A. J., A. D. Smith, I. C. Stobutzki, C. Bulman, R. Daley, J. M. Dambacher, *et al.* 2011. Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fish. Res.* 108:372-384.
- Patrick, W. S., P. Spencer, O. Ormseth, J. Cope, J. Field, D. Kobayashi, *et al.* 2009. Use of productivity and susceptibility indices to determine stock vulnerability, with example applications to six U.S. fisheries. NOAA Tech. Memo. NMFSF/SPO-101. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C. 54 pp.
- Smith, S. E., D. Au and C. Show. 1998. Intrinsic rebound potential of 26 species of Pacific sharks. *Marine and Freshwater Research* 49:663-678.
- Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Dulvy and P. A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.* 57:476-494.
- Then, A. Y., J. M. Hoenig, N. G. Hall and D. A. Hewitt. 2015. Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using information on over 200 fish species. *ICES J. Mar. Sci.* 72:82-92.
- Tovar, Á. J., R. W. Day and T. I. Walker. 2010. Using rapid assessment and demographic methods to evaluate the effects of fishing on *Heterodontus portusjacksoni* off far-eastern Victoria, Australia. *Journal of Fish Biology*. doi:10.1111/j.1095-8649.2010.02788.x.





- Walker, T. I. 2005. Management measurements. In: Musick, J.A. and Bonfil, R. (Eds.). Management techniques for elasmobranch fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Pp. 216-242.
- Zea, de la C. H., J. L. Oviedo P., J. Martínez T. y L. E. Martínez C. 2016. Caracterización biológica pesquera de la pesquería de elasmobranquios en Veracruz durante 2016. Dirección General de Investigación Pesquera en el Atlántico. Instituto Nacional de Pesca. Informe final de investigación. Veracruz, México. 58 pp.





VERACRUZ 2018



DESARROLLO RURAL Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ETNOBOTÁNICA DE LOS HUERTOS FAMILIARES DE LA RANCHERÍA EL MOTÉ, CUNDUACÁN, TABASCO

Miguel Alberto Magaña Alejandro^{259*}, Maricruz García García²⁵⁹ y Karina de los Ángeles Ramírez Méndez²⁵⁹

Resumen

Los huertos familiares son sistemas de producción muy comunes alrededor del mundo, sobre todo en las regiones tropicales, sin dejar fuera otro tipo de ecosistemas. Lo que distingue a los huertos familiares de los sistemas forestales y otros sistemas agroforestales es la composición de especies. El presente trabajo consistió en un estudio etnobotánico de los huertos familiares de la rancharía El Moté Cunduacán Tabasco, donde se obtuvo información de las especies vegetales su uso y manejo que le dan los habitantes para su conservación. Se realizaron visitas a la localidad y se determinó el tamaño de muestra. El número de encuestas fue determinado con un nivel de confianza del 95%. Para conocer la composición florística se realizó un inventario de todas las especies de los huertos. Se registró un total de 145 especies agrupadas en 60 familias, de estas últimas, las mejor representadas son las Lamiaceae y Asteraceae con 9 especies cada una. Se identificaron dos tipos de estructura: vertical y horizontal. En la primera, se observaron los tres estratos(alto, medio y bajo) y en la segunda la distribución de la diversidad florística, así como el resto de los componentes del huerto, tal como es la casa-habitación y las especies que rodean, entre las que encontramos, zabila (*Aloe vera*), la albahaca (*Ocimum basilicum*) y macuilíz (*Tabebuia rosea*). Se identificaron ocho usos, de los cuales el más común fue el comestible en un 26% entre las que encontramos a los cítricos (*Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, *Citrus limon*), además de los plátanos (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum* *Musa acuminata*). Dentro de las especies que se encontraron algunas las utilizan para autoconsumo y otras las comercializan. Con todo esto se concluye que los huertos siguen siendo el principal lugar donde se encuentra una alta diversidad de especies que son utilizadas para su propio consumo.

²⁵⁹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas.
manglarujat@hotmail.com





Palabras clave: agroecosistema, autoconsumo, diversidad

Introducción

De los agroecosistemas tradicionales de México, el más extendido por las regiones templadas y tropicales es el huerto familiar, ya que, por lo regular, se encuentra uno en cada casa-habitación rural; habiéndolos también, aunque en menor cantidad, en hogares urbanos y suburbanos.

Los huertos familiares son sistemas de producción muy comunes alrededor del mundo, sobre todo en las regiones tropicales, pero sin dejar fuera otro tipo de ecosistemas. Lo que distingue a los huertos familiares de los sistemas forestales y otros sistemas agroforestales es la composición de especies y principalmente su objetivo como una fuente para el consumo familiar. Además, se encuentran ampliamente distribuido en las diferentes regiones del planeta y se reconoce que los más diversos y ricos se encuentran en el trópico y se pueden encontrar plantas ornamentales, comestibles y medicinales entre otras, destacando que cada pueblo le asigna en su lengua un nombre específico (Mariaca *et al.*, 2010).

Entre las funciones se destaca la producción de alimentos a lo largo del año, destinados al autoconsumo, trueque, obsequio y la venta. Asimismo, los huertos cumplen una importante función en el sustento familiar en situaciones de migración rural-urbana (Winkler y de Souza, 2005). Considerando lo anterior, el presente trabajo consistió en la realización de un estudio etnobotánico de los huertos familiares de la rancharía El Moté Cunduacán Tabasco, donde se obtuvo información de las especies vegetales su uso y manejo que le dan los habitantes para su mejor conservación.

Área de estudio

Cunduacán es un municipio de 126, 416 habitantes (62, 368 hombres y 64, 048 mujeres) situado en el Estado de Tabasco, con un rango de fecundidad de 2.53 hijos por mujer. El 3.54% de la población proviene de fuera del Estado de Tabasco. El 0.64% de la población es indígena, el 0.26% de los habitantes habla alguna lengua indígena, y el 0.10% habla la lengua indígena pero no español.





La ranchería, El Moté está situada. Entre los paralelos 17°56' y 18°14' de latitud norte; 93°01' y 93°25' de longitud oeste a una altitud de 6 msnm (Figura 1). Cuenta con una población de 1115 habitantes. En la localidad hay 566 hombres y 549 mujeres. El índice de fecundidad es de 2.88 hijos por mujer. Del total de la población, el 1.61% proviene de otros partes del estado. El 5.29% de la población es analfabeta. El 1.79% de la población es indígena, y el 0.54% de los habitantes habla una lengua indígena. El 0.10% de la población habla una lengua indígena y no habla español, (INEGI, 2000).

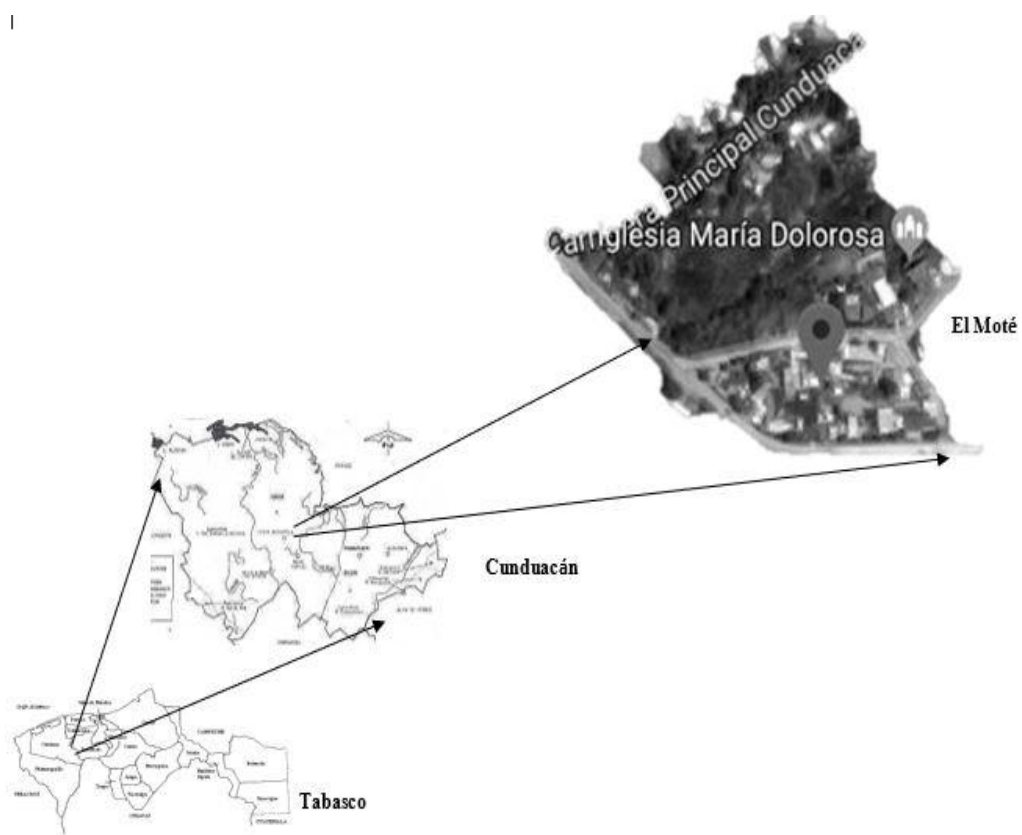


Figura 1. Ubicación del área de estudio de la R/a, El Moté. (INEGI, 2005).

El clima es cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano con un régimen normal de calor con cambios térmicos en los meses de diciembre y enero; se aprecia una temperatura media anual de 26.2°C, siendo la máxima media mensual en mayo con 36.5°C. En la actualidad, los principales ecosistemas lo conforman tulares, popales y zonas ribereñas, así como una alta diversidad de árboles frutales como la naranja (*Citrus sinensis*), mango (*Mangifera indica*), coco (*Cocos nucifera*) y limón (*Citrus limon*), entre otros.



Materiales y métodos

Trabajo de campo y gabinete

Durante el trabajo de campo, primero se realizó una visita a las autoridades de la R/a. El Moté de Cunduacán, Tabasco, así como a los habitantes, dando a conocer el objetivo del presente trabajo de investigación sobre los recursos vegetales de los huertos familiares. Por otro lado, se realizaron visitas a la localidad y se determinó el tamaño de muestra. El número de encuestas fue determinado con un nivel de confianza del 95% de acuerdo a la metodología propuesta por Rodríguez (2002).

Para obtener información de los huertos de la comunidad, se aplicaron 36 encuestas, con ello se obtuvo información sobre las especies, así como su valor económico, se tomaron en cuenta solo las casas que contaban con huertos.

Para conocer la composición florística se realizó un inventario de todas las especies que conforman los huertos familiares, para ello se utilizó la metodología propuesta por Lot y Chiang (1986) y se reforzó con los datos obtenidos de las encuestas aplicadas.

Se realizaron mediciones de altura y cobertura de cada especie con la finalidad de elaborar un diagrama que represente los estratos encontrados en los huertos familiares o su distribución vertical.

Se describió el destino de los productos o excedentes obtenidos del huerto familiar, para entender la importancia de las especies en la economía familiar de los productos de la ranchería.

Resultados y discusión

Familias botánicas más representativas en los huertos

Se registró un total de 145 especies agrupadas en 60 familias, de estas últimas, las mejor representadas son las Lamiaceae y Asteraceae con 9 especies cada una, (Figura 2). De acuerdo con Rivera (2013), se coincide en cuanto la familia Lamiaceae y Asteraceae ya son las que se comercializan más en los mercados por ser la mayoría especies comestibles y medicinales.



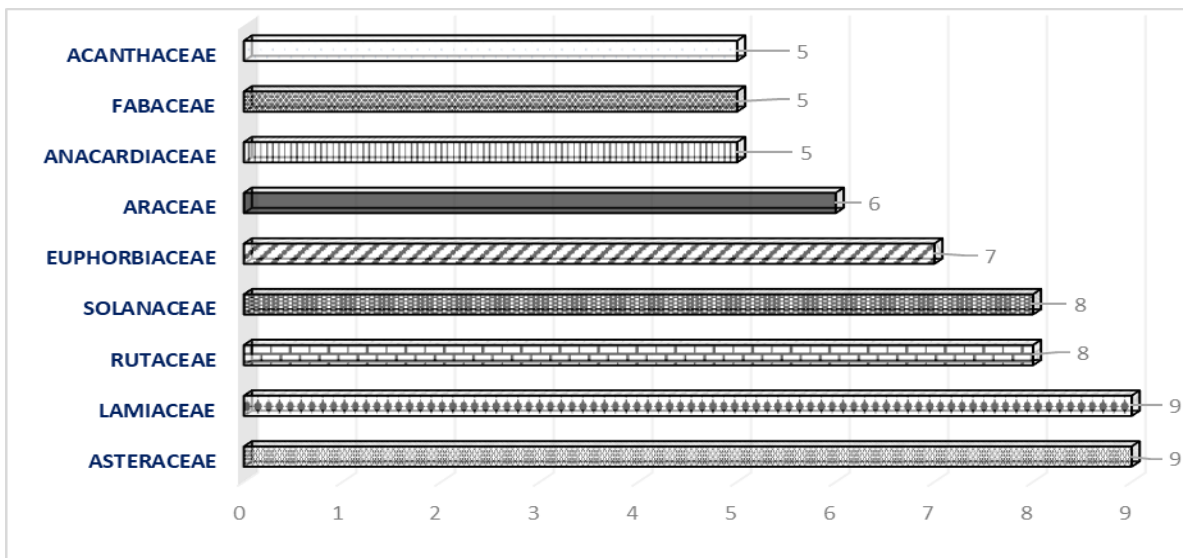


Figura 2. Familias botánicas más representativas de los huertos familiares de la ranchería el Moté de Cunduacán Tabasco.

Forma biológica de las especies

La forma de vida de las plantas encontradas en la zona de estudio son las hierbas con 75 especies que equivalen al (53%), los árboles con 41 especies (28%), los arbustos con 21 especies (15%) y las enredaderas con 6 especies (4%) con el cómo se observa en la (Figura 3).

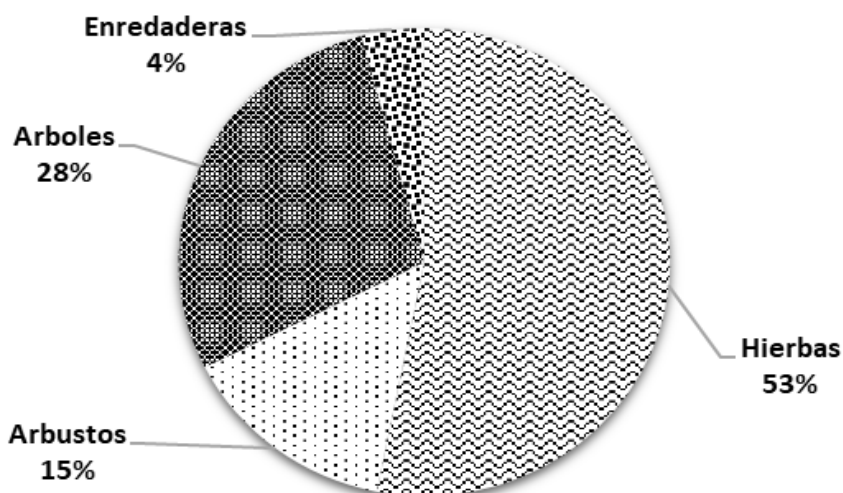


Figura 3. Forma biológica de las especies encontradas en los huertos.



Estos datos coinciden con los resultados descritos por Velox (2005), en una investigación realizada sobre plantas medicinales en el poblado de Oxolotán, Tacotalpa y con los resultados obtenidos por Magaña (2009), en Nacajuca, Tabasco, donde determinan a las hierbas como la forma biológica más representativa para las especies medicinales.

Como pudo notarse la mayoría de estas plantas son herbáceas, pero esto se debe a que posiblemente éstas requieren de menor cuidado, ya que son fáciles de cultivar y manejar.

Estructura del huerto familiar

La estructura se refiere al tipo de componentes, acomodo espacial y temporal en el área donde se establece el huerto familiar y vivienda en la cual están circunscritos los diferentes estratos. Se identificaron dos tipos de estructura: vertical y horizontal.

Estructura vertical

La estructura vertical varía en cada uno de los huertos familiares según su composición florística (Figura 4).

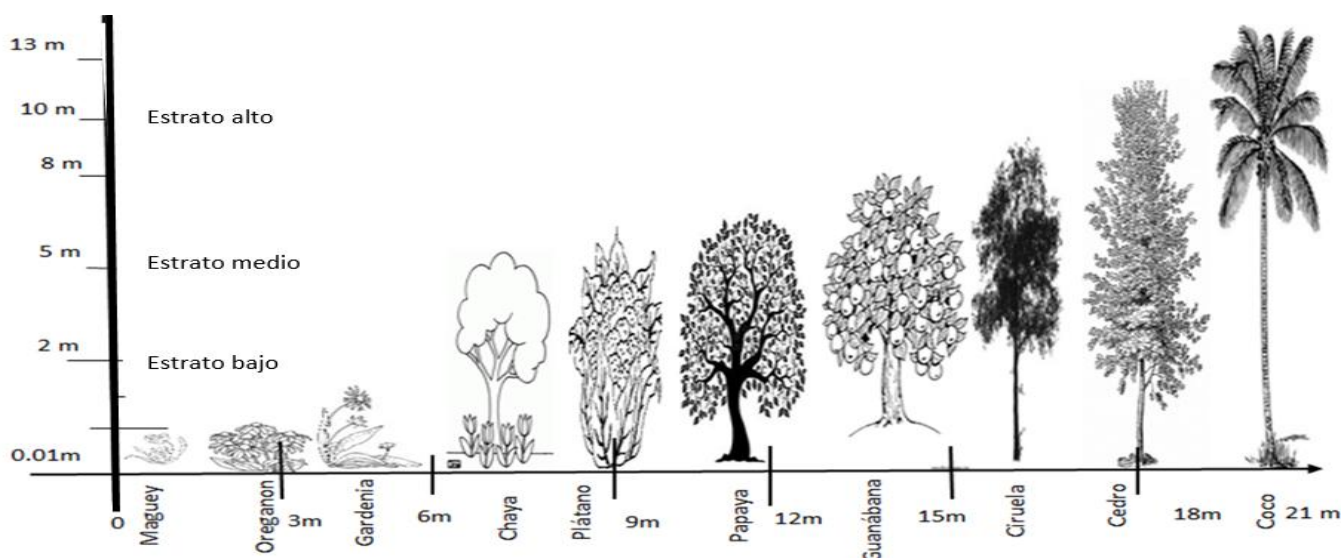


Figura 4. Estructura horizontal del huerto familiar.

Estrato bajo. Comprende especies vegetales cuya altura es inferior a 1.5 m cuando ya son adultas. Algunas especies son la mala madre (*Kalanchoe daigremontiana*), perejil (*Eryngium foetidum*), Matali (*Tradescantia zebrina*), zacate limón (*Cymbopogon citratus*) entre otras.



Estrato medio. Donde las especies vegetales van de 2 m a 8 m, y se encuentran plantas como el limón agrio (*Citrus limon*), sauco (*Sambucus mexicana*), guanábana (*Annona muricata*), jícara (*Crescentia cujete*), palma real (*Roystonea regia*).

Estrato alto. Está compuesto por especies vegetales que rebasan los 8 m de altura; donde se encuentran especies maderables o frutales, algunas de las especies encontradas son; el cedro (*Cedrela odorata*), el nance (*Byrsonima crassifolia*), el macuilíz (*Tabebuia rosea*), el coco (*Cocos nucifera*) y el zapote (*Pouteria mammosa*) entre otras.

La estructura horizontal se refiere a la organización de los componentes de los solares, en el se observa la distribución de la diversidad florística, así como el resto de los componentes del huerto, tal como es la casa-habitacion y las especies que rodean a la casa principalmente las especies medicinales, zabila (*Aloe vera*), la albahaca (*Ocimum basilicum*) y el oreganón (*Plectrhanthus ambonicus*) y las ornamentales que también son abundantes dentro del huerto (Figura 5).

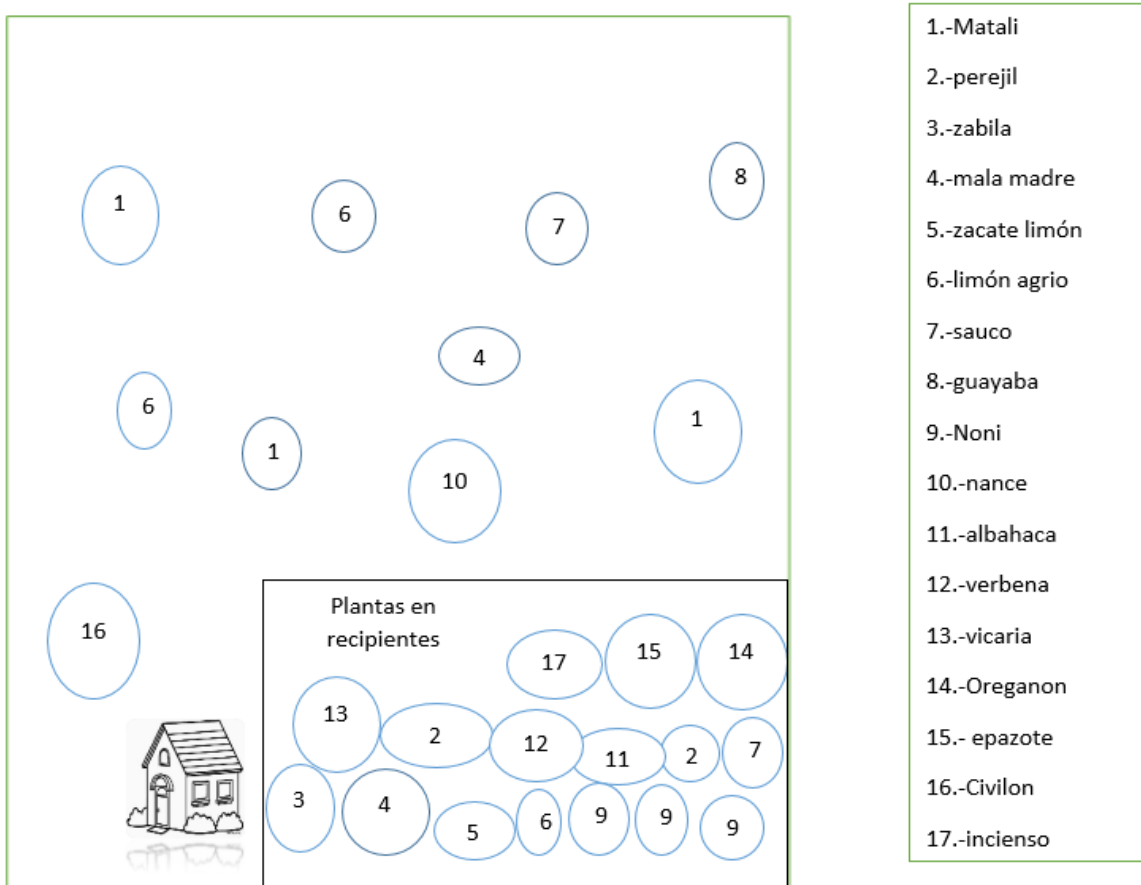


Figura 5. Vista horizontal de un huerto familiar.





Usos que tienen las plantas en el huerto

Se identificaron ocho usos, de los cuales el más común fue el comestible en un 26% entre las que encontramos a los cítricos (*Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, *Citrus limon*), además de los plátanos (*Musa paradisiaca*, *Musa sapientum*, *Musa acuminata*), entre otras especies comestibles. Además, son también abundantes las plantas ornamentales ya que se encontraron en un 22%, entre las que encontramos las mañanitas en diferentes colores (*Portulaca grandiflora*), la cañita agria (*Costus ruber*) y el izocalo (*Ixora coccinea*). El uso de las plantas medicinales las encontramos con un 20% tales como la sábila (*Aloe vera*), oreganón (*Plectranthus amboinicus*), la ruda (*Ruta chalepensis*), el epazote (*Chenopodium ambrosioides*), la mala madre (*Kalanchoe daigremontiana*), la hierba sapo (*Epaltes mexicana*), y con otro 20% se agrupan las especies que tienen diferentes usos que bien se utilizan para cerca viva como el cocohite (*Gliricidia sepium*), para leña encontramos al capulín (*Muntingia calabura*) y como maderable el cedro (*Cedrela odorata*).

Manejo de las especies identificadas

El manejo del huerto familiar en esta comunidad, consiste, básicamente, en mantenerlo en buenas condiciones para vivir, lo que se traduce en limpiarlo de malezas y en cercarlo adecuadamente. En el huerto familiar, las actividades de manejo son realizadas por los integrantes de la familia. El chapeado y cercado es realizado por el padre de familia y los hijos varones mayores, es la práctica más rápida para la eliminación de malezas y para efectuarlo se utiliza el machete, el cual se debe manejar con más cuidado. Sin embargo, la poda, el arrancado de las malas hierbas es directamente con las manos y esta actividad la realizan las mujeres.

Destino de la producción

La mayor parte de los recursos vegetales que se cultivan dentro de los huertos familiares o solares son de autoconsumo.

La comercialización de las especies vegetales se lleva a cabo dentro de las comunidades, el aporte económico es muy bajo ya que por lo general las familias de la comunidad, tienen cultivadas las mismas especies vegetales por tal razón la comercialización es mínima.





Conclusiones

1. Se reportó en la visita de los huertos un total de 145 especies agrupadas en 60 familias, de estas últimas, las mejor representadas son las Lamiaceae y Asteraceae.
2. Como resultado del análisis de la estructura horizontal y vertical se encontró que las especies vegetales más representativas de los huertos familiares analizados son principalmente, *Musa paradisiaca*, *Musa sapientum*, *Capsicum annum*, *Bixa orellana* entre otras, estas especies vegetales se encuentran en casi todos los huertos.
3. El manejo del huerto familiar se fundamenta en limpiezas periódicas, establecimiento del cerco vivo; no se utiliza agroquímicos ni maquinaria.

Literatura citada

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda. Cuadernos impresos. México D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. Marco Geoestadístico Municipal. Versión 3.1. INEGI. información topográfica digital escala 1:250 000 serie II y serie III.
- Lot, A. y F. Chiang. 1986. Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México S. A. de C.V. México, D. F. 133 p.
- Magaña, A. M. A. 2009. Conocimiento tradicional de las plantas medicinales en cinco comunidades maya-chontales del municipio de Nacajuca, Tabasco. Tesis de doctorado. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab., México. 395 p.
- Mariaca, M. R., A. González J. y L. Arias. 2010. El huerto maya yucateco en el siglo XVI. ECOSUR. CINVESTAV Unidad Mérida. FOMIX. UIMQROO. CONCECYTEY. Mérida, Yuc., México. 180 p.
- Rivera, R. K. Y. 2013. Conocimientos etnobotánicos de las plantas que se comercializan en el mercado 27 de octubre de Comalcalco, Tabasco. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab., México. 188 p.





- Rodríguez, M. E. A. 2002. Metodología de la investigación. Edit. impresora mercantil. 4a edición, Villahermosa, Tab., México. 163 p.
- Velox, M. A. C. 2005. Plantas medicinales de Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura en Biología. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab., México. 50 p.
- Winkler P., A. M. G. A. y P. de Souza S. 2005. Surviving the City: Urban Home Gardens and the Economy of Affection in the Brazilian Amazon. *Journal of Latin American Geography* 4(1):107-126.





PLANTAS DE USO MEDICINAL EN EL EJIDO ACOLIHUIA, CHIGNAHUAPAN, PUEBLA

Emanuel Mora Castañeda²⁶⁰, Leticia Cruz Contreras²⁶⁰, Yasmín Ordoñez Ordoñez^{260*}, Felipe N. Hernández Soto²⁶⁰, Guillermo M. Luna González²⁶⁰, Ricardo Sánchez Méndez²⁶⁰ y Germaín López Cruz²⁶⁰

Resumen

México es uno de los países de América con mayor tradición ancestral y riqueza en el uso de la herbolaria medicinal, no obstante, son pocas las investigaciones sobre el uso y manejo de las plantas medicinales y, por tanto, es escasa la información etnobotánica sobre este tema o conocimientos. Existen algunos lugares en los que la cadena de trasmisión de este conocimiento o saberes se encuentra en riesgo de desaparecer. Por lo que, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar e identificar plantas de uso medicinal, con la finalidad de elaborar un listado y catálogo de consulta y transmisión de conocimientos de plantas medicinales en el Ejido Acolihua, Chignahuapan, Puebla. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a mujeres y a hombres, en sus unidades (casas) familiares, sobre uso medicinal de plantas, y se colectaron ejemplares mediante el método de barrido florístico. La información obtenida en cada una de estas acciones, se capturó, analizó e interpretó en función a la actividad, de igual manera en la identificación-clasificación taxonómica y catálogo de las plantas medicinales. Los resultados arrojaron un total de 69 especies (65 géneros y 30 familias), 6 usos diferentes, 3 partes de la planta usadas y 10 formas de uso. En conclusión, el Ejido cuenta con gran diversidad de plantas de uso medicinal, a pesar de la disminución de la vegetación primaria y secundaria. El proyecto contribuye y/o aporta a los actores, información y/o conocimientos que favorece el cultivo, protección, conservación, manejo, aprovechamiento y uso de plantas medicinales. Sin embargo, se recomienda fortalecer la educación formal y no formal en los diferentes actores comunitarios del Ejido Acolihua, para el uso y manejo de las plantas medicinales de manera sustentable.

Palabras clave: Plantas medicinales, listado, catalogo, saberes

¹Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla. Av. José Luis Martínez Vázquez No. 2000, Col. Jicolapa, Zacatlán, Pue., C.P.73310. emc.vir@gmail.com.





Introducción

Desde su origen el hombre ha mantenido íntimo contacto con las plantas y los animales, pues de ello, ha dependido su subsistencia; esto le ha permitido acumular un rico acervo de conocimientos de las especies que utiliza (Martínez *et al.*, 2006). Las plantas medicinales han formado parte importante de la historia y de la cultura de los pueblos indígenas, en su conservación, uso y aplicación como remedio de enfermedades, pues constituyen un conocimiento o saberes que aun en nuestros días se transmite de forma oral de generación en generación (Cosme, 2008).

De acuerdo a Soto *et al.*, (2002) citado por Gómez (2012), en la actualidad existe un interés creciente en la medicina alternativa para la cura de un numerosos padecimientos y enfermedades que afectan a los seres humanos, por lo que las investigaciones que tengan como objetivo el cultivo, estudio, procesamiento, trasmisión de conocimientos de plantas medicinales con fines terapéuticos se consideran estratégicas e importantes. México es uno de los países de América con mayor riqueza biológica, dentro de esta diversidad vegetal existen más de 30,000 especies de plantas vasculares, aproximadamente, el 50% se utiliza para satisfacer alguna necesidad humana y las plantas medicinales ocupan el mayor porcentaje (Gheno, 2010).

Sin embargo, en algunos lugares esta cadena de transmisión del conocimiento se encuentra en riesgo de desaparecer, según Raja *et al.*, (1997); Tabuti *et al.*, (2003) citado por Bermúdez *et al.*, (2005). Tal es el caso del Ejido de Acolihua, Chignahuapan, Puebla, a pesar de ser un recurso natural ampliamente apreciado, no existe suficiente información sobre plantas medicinales en relación a nombres comunes, cultivo, conservación, usos, aprovechamientos, dando como resultado el riesgo de pérdida de identidad cultural, conocimiento-saber, uso de plantas medicinales y, con mayor influencia en niños y jóvenes. Por lo que, el objetivo del presente estudio fue identificar y clasificar-taxonomía y elaborar un catálogo de las plantas de uso medicinal en el Ejido Acolihua y contribuir en su importancia, conocimiento-saberes, uso y manejo de manera sustentable de las mismas.





Materiales y métodos

Localización y descripción del área de estudio. El Ejido de Acolihua se localiza al sur del municipio de Chignahuapan, Puebla., integrado por 14 secciones. Cuenta con dos polígonos; uno corresponde al área parcelada y el asentamiento humano, el otro corresponde al área de bosque con aprovechamiento forestal maderable y no maderable. Se encuentra delimitado por las siguientes coordenadas: 19° 45' y 19° 51' de latitud norte y 98° 05' y 98° 11' de longitud oeste. El rango altitudinal va desde 940 a 1, 700 metros sobre el nivel del mar (msnm). El Ejido se encuentra dentro de la provincia Eje Neovolcánico en la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac (CONAFOR, 2010). El clima son de dos tipos: C (W1) (W) y C (E) (w2) (w). Domina el clima de tipo templado subhúmedo. Se ubica en la Región hidrológica número 27 (Río Tuxpan-Nautla 21, 692 km²), en la Cuenca B (Río Tecolutla 7, 813 Km²) y la Subcuenca c (Río Laxaxalpan 1, 614 km²). Los suelos que dominan son: andosol húmico, regosol dístico, luvisol ortico, vertisol pelico, cambisol húmico. En la zona urbana el suelo dominante es feozem lúvico. En el área de bosque bajo manejo, la textura del suelo es areno-limo-arcillosa. La topografía del área de estudio es desde lo plano con 20% y ondulada del 80%.

La vegetación que se identifica dentro de este Ejido son los bosques de pino y ciertas áreas se encuentran mezclados con algunas especies de latifoliadas (*Quercus sp.* y *Alnus sp.*). Las especies que dominan el estrato arbóreo son: *Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*. En el arbustivo domina el *Baccharis conferta* (escobilla). En el estrato herbáceo es la Jarilla (*Senecio sp.*) y zacatón (*Muhlenbergia sp.*). Referente a la fauna silvestre las especies que dominan en Mamíferos son: Tlacuache (*Didelphis virginiana*), Ratón (*Peromyscus sp.*); en Aves: Pájaro carpintero (*Colaptes melanolaimus*), Gorrión (*Melospiza melodía*); en Reptiles: Lagartijas (*Podarcis sp.*).

Dentro del Ejido y sus secciones correspondientes existen aproximadamente 2500 familias, donde los jefes del hogar son hombres y se dedican al trabajo en el campo como: al sector forestal, cultivo de maíz, papa, frijol, alverjón. El grado escolar en el área de estudio solo abarca al nivel básico que es la secundaria, además de que cuentan con una clínica de salud y de servicios básicos como, la electricidad, agua, drenaje, entre otros. Sus calles no se encuentran pavimentadas en su totalidad, el transporte público es muy limitado en el lugar.





En primera estancia se realizaron revisiones bibliográficas para poder concentrar la información disponible de flora presente o cercana al área de estudio, así mismo, se presentó el proyecto con las autoridades ejidales, una vez que se obtuvo la autorización, se realizaron recorridos de campo para ubicar y conocer el área de estudio, esto último con la ayuda del despacho Silvícola Ocote Real S. C. de R. L. de C. V., y por el comisariado del Ejido.

El trabajo de campo consistió en la realización de entrevistas semiestructuradas a personas (mujeres y hombres) del Ejido, se visitaron los hogares en horarios establecidos y acordados, esto siguiendo la metodología de Martin (2004), citado por Gheno (2010), para obtener en las entrevistas datos etnobotánicos y muy específicos (eje. planta medicinal que conoce, enfermedad que cura, parte de la planta que ocupa, forma de preparación del remedio, vía de administración del remedio preparado, cuanto tiempo dura el tratamiento, grado de manejo, plantas tóxicas que conozca, entre otras). Por su parte, antes, durante o después de la entrevista o en los lugares o estaciones del año (el proyecto se desarrolló en las cuatro estaciones del año, con la finalidad de obtener todos los órganos de las plantas para su identificación) se colectaban algunos especímenes de plantas de uso medicinal que nos indicaron las personas entrevistadas-informantes con los horarios correspondientes y adecuados para el cuidado de las mismas. Por ello, en cada muestra después de observarlas y registrar las variables o características fenotípicas se procedió a colectarlos, prensarlos y etiquetarlas, según recomendación de Hernández (1989) y Martínez (2006). Las colectas fueron en diferentes lugares (traspacios, huerto familiar, terrenos desmontados, en el bosque con o sin manejo, entre otros) considerándose cuatro ejemplares como mínimo de cada especie y bien conformadas, con el número de órganos (mínimo tres) y el tamaño adecuado para la identificación correctamente. Cabe señalar que tanto en las entrevistas como en las colectas, se tomaron coordenadas geográficas y fotografías como evidencia del proyecto.

En laboratorio se realizó el secado de manera de los especímenes colectados en estufas convencionales o tradicionales. El tiempo de secado fue variable y esto dependió del tipo de material colectado. Posteriormente, en el proceso de identificación, se utilizaron claves de los manuales florísticos de la región, ejemplo como la Flora Fanerogámica del Valle de México Rzedowski (2001), y Claves Taxonómicas, entre otros métodos o fuentes de identificación-clasificación confiables, así mismo, si se encontraban en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Para la identificación del material botánico se utilizó un Microscopio estereoscópico, entre





otros materiales. Una vez identificadas-clasificadas se procedió al montaje de las plantas donde se seleccionaron los mejores ejemplares tomando en cuenta estructuras visibles (flor, hojas, tallo, raíz, bulbo, fruto) y se les colocó una ficha de herbario con datos correspondientes. Posteriormente, se guardaron en el laboratorio forestal del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla.

Posteriormente, terminado el trabajo de laboratorio se procedió a capturar y organizar la información obtenida en campo y laboratorio, para después analizarse, interpretarse, mediante herramientas adecuadas y obtener los resultados, conclusiones correspondientes.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados de los trabajos realizados en el Ejido de Acolihua, en el orden en que se fueron alcanzando.

Entrevistas. Se realizaron un total de 290 entrevistas semiestructuradas en el Ejido de Acolihua, entrevistando a hombres y a mujeres, de diferentes edades, se entrevistó a 247 mujeres que se dedican al hogar, representando el 85% y 43 (15%). El conocimiento de uso medicinal de las plantas es aplicado por la mayoría de las mujeres que cuentan con la edad de 46 a 75 años, las mujeres y hombres entre las edades de 15 a 30 años son los que menos conocimiento tienen sobre el uso de las plantas medicinales. De las 14 secciones que conforman el Ejido de Acolihua, la sección más sobresaliente en el número de entrevistas aplicadas fue Acolihua con un 30%, posteriormente, Nacayolo y las Mesas con un 11%, la Fragua 10%, Rodeo 8%, las Brujas 6%, el Sifón y el Magueyal 5%, las secciones menos representativas son las Cabras 4%, la Rosa y el Potrero 3% y Ailitla 2% y Istete y Ruleta con 1%. Los conocimientos sobre el uso de plantas medicinales en el Ejido, se han transmitido de generación en generación, desde hace muchos años, sin embargo, en la actualidad no ha sido suficiente para que la población más joven confíe en la herbolaria, lo que significa que la cultura tradicional del uso de plantas medicinales, se esté perdiendo día a día, por su parte, las personas que siguen utilizando estas plantas medicinales son aquellas de edades de 46 a 75 años.





Listado de plantas de uso medicinal. Se colectaron 72 plantas de uso medicinal, 69 plantas fueron identificadas (96%), y 3 no (4%) por falta de estructuras reproductivas y también por características que no incluían en las claves taxonómicas, las cuales no permitieron determinar la clasificación taxonómica correcta.

De las 69 especies identificadas, se encuentran agrupadas en 3 divisiones taxonómicas *Magnoliophyta*, *Equisetophyta*, y *Pinophyta*; la división más representativa con 67 especies es la *Magnoliophyta*. Posteriormente, las 69 especies se clasificaron en 4 clases taxonómicas; *Magnoliopsida* (65 especies) *Liliopsida* (2 especies), *Equisetopsida* y *Pinopsida* (con una especie respectivamente). Así mismo, se agruparon las 69 especies en 30 familias botánicas la más predominantes es la familia Compositae (15 géneros diferentes con 19 especies) Labiatae (9 géneros y 13 especies), las familias *Amaranthaceae*, *Crassulaceae*, *Malvaceae*, *Nyctaginaceae*, *Onagraceae*, *Phytolaccaceae*, *Rosaceae*, *Scropulariaceae*, *Solanaceae* y *Verbenaceae* solo cuentan con dos especies cada una de ellas (Anexo: Cuadro 1); las familias menos predominantes que contaron con una especie son *Acanthaceae*, *Aizoaceae*, *Apiaceae*, *Cactaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cupressaceae*, *Equisetaceae*, *Leguminosae*, *Liliaceae*, *Myrtaceae*, *Oxalidaceae*, *Papaveraceae*, *Rubiaceae*, *Rutaceae* y *Urticaceae* y, ninguna de las plantas identificadas se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El grupo de los Gimnospermas representa solo 1% (una planta registrada), y el de las Angiospermas un 99% (71 plantas registradas). En los estratos vegetativos el estrato herbáceo es el más representativo con 51 individuos (71%), el arbustivo con 17 individuos (24%) y el estrato menos representativo es el arbóreo con 4 individuos registrados (5%).

De acuerdo con las entrevistas, se clasificaron las plantas que se encuentran establecidas en el Ejido de manera natural (silvestre) o de manera introducida (cultivada), obteniendo como resultado que las plantas cultivadas representan el 49% (35 plantas) y las plantas silvestres representan el 51% (37 plantas). Las cultivadas se encuentran sembradas regularmente en cubetas y botes llenas de tierra de monte y pocas se encuentran en un huerto bien elaborado.

Uso medicinal de las plantas. Se registraron 10 formas diferentes de preparación de los remedios que las personas del Ejido utilizan; la forma de preparación más utilizada con un 42% es el té o llamada también cocimiento, utilizado para aliviar molestias o enfermedades





digestivas, respiratorias, reproductivas (sistema reproductor de las mujeres), urinarias, bucales y ópticas; las cuales son: dolor de estómago, empacho, diarrea, tos, gripe, gastritis, cólicos menstruales, diabetes, inflamación del hígado, dolores del corazón, dolor de muelas, entre otras. Otra forma de preparación es la infusión utilizada por la población (30%) para aliviar enfermedades o molestias de bronquitis, ansias inflamadas, dolor de estómago, cólicos menstruales. Los baños son otra forma de preparación, utilizada con un 8% principalmente para las mujeres recién aliviadas, para la frialdad de huesos, alforra y salpullido. Los lavados con un 7% utilizado para cicatrizar heridas, picaduras de insectos, detener la caída del cabello y para la calentura de los pies. El 4% es la forma de preparación cruda que se utiliza para eliminar el mal aliento, fuegos labiales, aire y ojos rojos. Las limpias y compresas son utilizadas en un 2% para aliviar las molestias o enfermedades como congestión nasal y para desaparecer la fiebre. Las formas de preparación menos representativas son licuados y limpias con 1% para retención de líquidos, la inflamación de riñones, limpia el hígado y anemia y aire (Cuadro 1).

Se registraron 4 formas de administración diferentes; la más utilizada por las personas del Ejido es la vía oral (52%) y la menos utilizada es la vía por medio del oído (1%). Las partes de la planta que más se utiliza para la preparación de los remedios son las ramas (contempla: tallo, hojas y flores) y las menos utilizadas son la raíz y el fruto (Cuadro 1). Se clasifico de igual forma, la parte de planta que utilizan más las personas en el Ejido para curar y/o aliviar alguna molestia o enfermedad; las ramas (tallo, hojas y flores) con un porcentaje de 46%, las hojas con un 34%, las flores con un 14%, el fruto y raíz con el 1.5%. Cabe mencionar que el 3% de las personas utilizan toda la planta (raíz, tallo, hojas y flores). Se clasificaron las molestias y/o enfermedades que se alivian por las plantas de uso medicinal; las enfermedades digestivas (30%) las molestias y/o enfermedades musculares y respiratorias (20%) para el uso místico (10%) y las molestias y/o enfermedades sistema óseo, bucales, y ópticas con el 5%.

Los resultados anteriores de la investigación se dieron a conocer en una Asamblea general, mediante una presentación de toda la investigación realizada. Se hizo entrega tanto de manera física y digital los productos o resultados obtenidos al Ejido, particularmente, al comisariado del Ejido y al despacho Silvícola Ocote Real S. C. de R. L. de C. V. para conocimientos-saberes y trabajos posteriores.





Cuadro 1. Listado de las plantas medicinales registradas, parte que se usa, para que se emplea, la forma de preparación y administración del remedio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte de la planta usada	Usos	Forma de preparar	Forma de administración
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	Ojo de pájaro	Hoja	Dolor de estómago	Té	Oral
Aizoaceae	<i>Aptenia cordifolia</i> (L. f.) Schwantes	Hierba del chisme	Toda la planta (raíz, tallo, hojas y flores).	Lagañas en los ojos	Té	Externo
Amaranthaceae	<i>Alternanthera caracasana</i> Kunth	Epazote casero	Ramas (tallo, hojas y flores)	Diarrea	Infusión	Oral
Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	Hierba del tianguis	Ramas (tallos y hojas)	Dolor de estómago	Infusión	Oral
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	Pirú o Pirúl	Ramas (tallos y hojas)	Frialdad de los huesos	Baños	Externo
Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Hinojo	Ramas (tallos y hojas)	Dolor de estómago y cólicos de bebés	Infusión y té	Oral
Cactaceae	<i>Epiphyllum hybridus</i>	Nopal	Flores	Problemas del corazón	Té	Oral
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium graveolens</i> Wild	Epazote del Zorrillo	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago, diarrea y vómito	Infusión y té.	Oral.
Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina</i> Bosse	Hierba del pollo	Hojas	Problemas del riñón, disentería, dolor de estómago y bilis.	Infusión y té	Oral
Compositae	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Ajenjo	Ramas (tallos y hojas)	Dolor de estómago, falta de apetito, lombrices, corajes, diarrea, berrinches y bilis	Infusión y té	Oral
Compositae	<i>Artemisia ludoviciana</i> (Willd.) Keck (A. mexicana Willd., A. ghiesbreghtiana Rydb.)	Estafiate	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago y cólicos	Infusión y té	Oral
Compositae	<i>Artemisia sp.</i>	Hierba del burro	Hojas	Dolor de estómago y bilis derramada	Té.	Ora
Compositae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth	Escoba redonda	Ramas (tallos y hojas)	Dolor de estómago, diarrea, vomito, dolor de muelas y baños para mujeres recién aliviadas.	Infusión, té y baños	Oral y externo
Compositae	<i>Bidens odorata</i> Cav.	Rosetilla	Flores	Dolor de estómago, diarrea, vómito y dolor e infección estomacal.	Té	Oral
Compositae	<i>Calendula officinalis</i> L.	Mercadela	Flores	Tos.	Té	Ora
Compositae	<i>Cirsium haphilepis</i> (Hemsl.) Petr.	Cardo Santo	Hojas	Dolor de pecho y tos.	Té	Oral
Compositae	<i>Erigeron karvinskianus</i> D.C.	Margarita	Ramas (tallo, hojas y flores)	Diarrea y disentería.	Té	Oral





Continúa Cuadro 1...

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte de la planta usada	Usos	Forma de preparar	Forma de administración
Compositae	<i>Haplopappus venetus</i> (H.B.K.) Blake var. Venetus	Escoba del perro o bacín del perro	Ramas (tallos y hojas)	Baños para mujeres recién aliviadas.	Baños	Externo
Compositae	<i>Heterotheca inuloides</i> Cass.	Árnica	Ramas (tallo, hojas y flores)	Heridas, hemorragia vaginal, dolores musculares, golpes y moretones.	Té, infusión y lavados	Oral y externo
Compositae	<i>Matricaria recutita</i> L.	Manzanilla	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago, inflamación del estómago, bilis, cólicos menstruales, baños para mujeres recién aliviadas y ojos irritados.	Infusión, baños y té	Oral y externo
Compositae	<i>Senecios alignus</i> D.C.	Jarilla	Ramas (tallo, hojas y flores)	Vómito, calor de estómago y mal aire.	Té, infusión y limpias	Oral y externo
Compositae	<i>Tagetes micrantha</i> Cav.	Anisillo	Ramas (tallo, hojas y flores)	Cólicos menstruales y dolor de estómago.	Infusión	Oral
Compositae	<i>Tagetes erecta</i> L.	Flor de muerto o cempasúchil	Flores y hojas	Dolor de estómago, empacho y cólicos menstruales.	Infusión y té	Oral
Compositae	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Pericón	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago, empacho, gripe y espanto.	Infusión, té y baño	Oral y externo
Compositae	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	Santa María	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago y para baños a mujeres recién aliviadas.	Infusión y baños	Oral y externo
Compositae	<i>Conyza filaginoides</i> (DC.) Hieron.	Simonillo	Ramas (tallo, hojas y flores)	Bilis y dolores de estómago.	Té	Oral
Compositae	<i>Eupatorium petiolare</i> Moc.	Yolochichi	Hojas	Reumatismo.	Baños	Externo
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i> Weber.	Diente de león	Flores	Dolor de estómago, gastritis, próstata y dolor de muelas.	Infusión y té	Oral
Crassulaceae	<i>Sedum pachyphyllum</i>	Dedito de dios	Hojas	Ojos irritados y cataratas.	Cruda	Externo
Crassulaceae	<i>Sedum praealtum</i> A. DC.	Siempre viva	Hojas	Ojos irritados, ojos rojos y fuego labial.	Cruda	Externo
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Sabino	Ramas (tallos y hojas)	Baños mujeres recién aliviadas.	Baños	Externo
Equisetaceae	<i>Equisetum hyemale</i> L.	Cola de caballo	Tallos	Problemas del riñón y diurético.	Té	Oral
Labiatae	<i>Agastache mexicana</i> (Kunth) Lint&Epling	Toronjil	Ramas (tallo, hojas y flores)	Problemas de nervios, corajes, empacho y dolor de estómago.	Infusión y té	Oral
Labiatae	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Lavanda	Ramas (tallo, hojas y flores)	Insumió, hipertensión y reumatismo.	Infusión y té	Oral





Continúa Cuadro 1...

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte de la planta usada	Usos	Forma de preparar	Forma de administración
Labiatae	<i>Lavandula latifolia</i> Medik.	Salvia	Ramas (tallo, hojas y flores)	Ayuda a quitar el mal aliento, limpia los dientes, mejora el funcionamiento del riñón y el hígado.	Té y cruda	Ora
Labiatae	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Marrubio	Hojas.	Dolor de estómago, empacho, cólicos y flujo menstruación.	Infusión y té	Oral
Labiatae	<i>Menthapulegium</i> L.	Poleo	Ramas (tallo, hojas y flores)	Gripe y congestión nasal.	Infusión y té	Oral y nasal
Labiatae	<i>Menthas picata</i> L.	Hierbabuena	Hojas	Dolor de estómago.	Té y cruda	Oral
Labiatae	<i>Origanum vulgare</i> L.	Orégano	Hojas	Dolor de estómago y cólicos menstruales.	Infusión	Ora
Labiatae	<i>Plectranthus hadiensis</i> (Forssk.) Schweinf. ex Sprenger	Mentolato	Hojas.	Congestión nasal.	Vapores	Nasal
Labiatae	<i>Plectranthus Oloroso</i>	Vaporub	Hojas	Congestión nasal.	Vapore	Nasal
Labiatae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Romero	Hojas	Dolor de estómago y cólicos menstruales.	Infusión y té	Ora
Labiatae	<i>Salvia elegans</i> Vahl	Mirto de monte	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago, espanto y baños para mujeres recién aliviadas.	Té y baños	Oral y externo
Labiatae	<i>Salvia microphylla</i> Benth	Mirto común	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago, espanto y baños para mujeres recién aliviadas.	Té y baños	Oral y externo
Labiatae	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Tomillo	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago.	Infusión	Oral
Leguminosae	<i>Medicago sativa</i> L.	Alfalfa	Ramas (tallos y hojas)	Alivia la retención de líquidos, la inflamación de riñones, limpia el hígado y anemia.	Licuada	Oral
Liliaceae	<i>Aloe vera</i> Bosse	Sábila	Hojas	Desinflama golpes y dolor de espalda.	Asada	Externo
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.	Malva	Hojas	Calentura de pies.	Lavados	Externo
Malvaceae	<i>Modiola caroliniana</i> (L.) G. Don.	Babosilla	Flores	Anginas, orejones y machucones.	Infusión y té	Oral
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Eucalipto	Hojas	Tos y bronquitis.	Té	Oral
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisyi	Bugambilia violeta	Flores	Tos y bronquitis.	Infusión y té	Oral
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisyi	Bugambilia rosa	Flores	Tos y bronquitis.	Infusión y té	Oral
Onagraceae	<i>Oenothera rosea</i> L' Her. Ex Aiton	Hierba del golpe		Dolor de estómago e inflamación del hígado.	Infusión y té.	Oral.





Continúa Cuadro 1...

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte de la planta usada	Usos	Forma de preparar	Forma de administración
Onagraceae	<i>Fuchsiahy brida</i>	Aretillo	Ramas (tallo, hojas y flores)	Salpullido en los brazos.	Baño	Externo
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Xocoyul	Hojas	Ansias inflamadas	Té	Oral
Papaveraceae	<i>Argemone platyceras</i> Link & Otto	Chicalote	Raíz y flores	Dolor de muelas, dolor de pecho y tos	Té y cruda	Oral y externo
Phytolaccaceae	<i>Phytolaccai cosandra</i> L.	Reventón	Hojas	Picaduras de insectos.	Lavado	Externo
Phytolaccaceae	<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	Hierba de la virgen	Ramas (tallo, hojas y flores)	Gastritis, caída de cabello y baños a mujeres recién aliviada	Té, lavados y baños	Oral y externo
Rosaceae	<i>Rosa centifolia</i> L.	Rosa de castilla	Flores	Ojos irritados y catarata	Infusión	Externo
Rosaceae	<i>Rubus liebmanni</i> focke.	Zarzamora	Hojas	Algodoncillo y ataques o inflamación del apéndice.	Té	Oral
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldtl	Trompetilla	Ramas (tallo, hojas y flores)	Diabetes y heridas.	Té y lavados	Oral y externo
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.	Ruda	Ramas (tallo, hojas y flores)	Dolor de estómago y aire	Infusión y cruda	Oral
Scropulariaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	Tepozán	Flores y hojas.	Dolor de garganta, gastritis y para bajar temperatura (calentura).	Té y compresas	Oral
Scropulariaceae	<i>Buddleja perfoliata</i> Kunth	Salva real	Bolitas	Tos y dolor de oído.	Té	Oral y externo
Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal.	Hierba mora	Hojas	Dolor de estómago, gastritis, heridas y fiebre.	Té, lavados y compresas	Oral y externo
Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i> Dunal.	Coronilla	Flores	Para quitar lo panzón a los hombres.	Infusión	Oral
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	Chichicaxtle	Ramas (tallos y hojas)	Salpullido.	Baños	Externo
Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i> Nutt.	Moradilla	Toda la planta (raíz, tallo, hojas y flores)	Salpullido y aljorra.	Baños	Externo
Verbenaceae	<i>Aloysia citriodora</i> Palau	Té cedrón o cedrón	Hojas	Espanto.	Té	Oral





Conclusiones

1. Las mujeres (85%) tienen mayor conocimiento sobre el uso de las plantas medicinales, siendo personas de mayor de edad.
2. La flora medicinal del Ejido Acolihua, está conformada con 30 familias, 65 géneros y 69 especies.
3. Se encuentran 6 usos que la población utiliza (digestivas, respiratorias, reproductivas, urinarias, bucales y ópticas).
4. Existen 10 formas de uso y consumo: té, baños, lavados y cocimientos. La forma de administración oral (52%) es la más utilizada, los componentes más utilizados son: flores, hojas y tallo.
5. Nuestro país posee una inigualable riqueza etnobotánica, derivada de la relación de sociedades rurales y el entorno natural. Sin embargo, esta se ha diezmado y se pierde a consecuencia de los cambios sociales, como la pérdida de la comunicación entre generaciones, sin dejar rastros escritos, por lo tanto, es fundamental y urgente el rescate cultural, ya que la modernización está homogeneizando los modos de vida y muchas costumbres, provocando así la pérdida de la diversidad en el amplio sentido de la palabra.
6. Es indispensable fomentar actividades diversas y difundir su importancia en todos los niveles educativos, como educación ambiental, integrando saberes e identidades locales.

Recomendaciones

Dar continuidad a este proyecto de investigación en el Ejido (educación formal, no formal e informal) no sólo para profundizarlo y precisar la información que en él está contenida, sino para generar un conocimiento-saber, cultura local en la que asuma que el análisis crítico de la realidad inmediata resulta indispensable para poder formular propuesta de solución a futuro y/o acciones ya definidas en relación a la importancia, conocimiento-saberes, uso y manejo de las plantas medicinales de manera sustentable. De igual forma, en el esfuerzo comunitario, involucrar a los niños y jóvenes en los procesos de información, conocimientos u otros, pues su contribución será muy valiosa en la medida que asuman que una parte importante de lo que pase en su territorio los afectará, siempre y cuando no predominen los





prejuicios que con frecuencia aparecen en contra los jóvenes, por considerarlos poco interesados o tendientes a la superficialidad, lo cual no se sostiene cuando hay un trabajo educativo.

Literatura citada

- Bermúdez, A., M. A. Oliveira M. y D. Velázquez. 2005. La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia* 30(8):453-459.
- Cosme, I. 2008. Uso de plantas medicinales. *Revista intercultural* 1(4):24-26.
http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/8921/1/tra6_p23-26
- Gheno, H. Y. A. 2010. La etnobotánica y la agrobiodiversidad como herramientas para la conservación y el manejo de recursos naturales: un caso de estudio en la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales' Nahuatlxihiuitl' de Ixhuatlancillo, Ver, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. de Méx., México. 242 p.
- Gómez, A. R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia mexicana* 35(1):43-49.
- Hernández, C. 1989. Estudio Etnobotánico de plantas medicinales en el ejido "La Zapotera" Poncitlan, Jal. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México. 93 p.
- Martin, G. 2004. *Ethnobotany: A methods manual. A people and plants conservation manual.* WWF International. Published by Taylor & Francis. London, U. K. 273 p.
- Martínez, M. D., R. Alvarado F., R. Mendoza C. y F. Basurto. 2006. Plantas medicinales de cuatro mercados del estado de Puebla, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 79: 79-87
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Programa de Manejo Forestal. Restaurando los Bosques del Ejido Acolihuia con Compensación Ambiental por Cambio de Uso del Suelo.
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/4588Ejido%20Acolihuia.pdf>





- Raja, D., C. Blanche. y J. Vallés. 1997. Contribution to the knowledge of the pharmaceutical ethnobotany of the La Segarra Region (Catalonia, Iberian Peninsula). *J. Ethnopharmacol.* 57: 149-160.
- Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. INECOL. 1406 p.
- Soto, R., G. Vega. y A. Tamajón L. 2002. Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf (caña santa). *Rev. Cubana Plantas Med.* 7:89–95.
- Tabuti, J. R. S., K. A. Lye. y S. Dhillion. 2003. Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda. *Plants, use and administration. J. Ethnopharmacol.* 88: 19-44.





RENTABILIDAD DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN “MANEJO INTEGRADO DE LIMÓN MEXICANO” EN TLALCOZOTITLÁN, MPIO. DE COPALILLO, GUERRERO

David Heriberto Noriega Cantú^{261*}, Romualdo Vásquez Ortiz²⁶¹, Marino Morales Guerra²⁶², José R. Contreras Hinojosa²⁶², Eileen Salinas Cruz²⁶³ y Jesús Martínez Sánchez²⁶³

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la eficiencia financiera de un sistema de manejo integrado del limón (MIL), que permita un mayor ingreso a las familias campesinas, en comparación con su situación inicial. El trabajo se desarrolló en la localidad de Tlalcozotitlán del Mpio. de Copalillo, Gro., con clima semiárido semicálido (BS1hw), clasificada en pobreza extrema, durante el ciclo 2017-2018. La primera fase de la investigación incluyó la aplicación de encuestas a 30 campesinos; la segunda fase fue trabajo de campo, donde se estableció una parcela-escuela para la capacitación y la evaluación de la rentabilidad de la tecnología MIL, contrastada con la tecnología tradicional. Los resultados indican que la escuela de campo es un medio educativo facilitador para informar, interesar, aceptar y adoptar tecnologías, y la capacitación fue más fácil en su ámbito de trabajo, con apoyo de los productores-promotores. Los resultados señalan que los campesinos con huertas en producción obtienen un rendimiento de 2.0 t/ha, costos de producción de \$3, 650/ha, ingreso bruto de \$ 14, 285.71/ha, y un coeficiente B/C de 3.91. Los productores-promotores “A” y “B” que aplicaron la tecnología MIL, observaron un costo de producción de \$19, 381.00/ha, un ingreso bruto de \$ 90, 700.00 y \$93, 400.00, y un coeficiente B/C de 4.68 y 4.82 respectivamente. El sistema MIL mostró potencial económico importante, e hizo la actividad más rentable.

Palabras clave: manejo integrado de limón, escuelas de campo, pobreza

²⁶¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. noriega.david@inifap.gob.mx

²⁶² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

²⁶³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas.





Introducción

La superficie cultivada a nivel nacional de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) es de 89,795 ha, los principales estados productores por superficie son: Michoacán, Colima, Guerrero y Oaxaca. La producción nacional se estima en 1'120, 972.55 t, su principal uso es el consumo en fresco, siendo Colima el primer productor. En Guerrero se cultivan aproximadamente 6, 723 ha, con una producción anual de 79, 163.9 t, de las que se obtiene en promedio 12.01 t/ha (SIAP, 2017). El principal cultivar es el limón mexicano con espinas, bajo un manejo del cultivo, con la introducción de innovaciones tecnológicas en el manejo de plagas y enfermedades, fertilización química, periodos de riegos, portainjertos y cierto manejo del periodo de producción durante el invierno, utilizando agroquímicos convencionales. Sin embargo, la enfermedad Huanglongbing (HLB) de origen bacteriano (*Candidatus liberibacter* spp) y diseminada por el insecto *Diaphorina citri* Kuwayama ha producido pérdidas millonarias al país e incluso puede provocar la desaparición de la citricultura en los estados productores (Díaz-Padilla *et al.*, 2014; Torres-Pacheco *et al.*, 2013), donde obviamente el estado de Guerrero no es ajeno. Ante este escenario se ha buscado la aplicación de un Manejo Integrado (MI), el cual consiste en acciones racionales y calendarizadas de poda, nutrición, riego calendarizado, inducción a la floración, incremento en amarre de frutos, manejo de plagas y enfermedades, cosecha y manejo postcosecha, que se basan en los principios de fisiología, ciclo biológicos de la planta y sus organismos parásitos y benéficos, siendo objetivo del cultivo y la solvencia económica del productor (Téliz, 2000, Noriega-Cantú *et al.*, 2012). Así también, la búsqueda de nuevas áreas productoras a las tradicionalmente cultivadas para lograr un mejor manejo agrícola, sobre todo de las plagas y enfermedades. En la producción de alimentos se debe integrar aspectos sociales, económicos, recursos naturales y ecológicos.

Bajo esta óptica agropecuaria, se debe identificar las oportunidades de las comunidades para usar sustentablemente sus recursos (agua, suelo, clima etc.), promoviendo el uso de las innovaciones tecnológicas y organizativas para fortalecer la producción, atendiendo el mercadeo y hacer aportes sustanciales al mejoramiento de la disponibilidad de alimentos e ingreso familiar. La localidad de Tlalcozotitlán, Mpio. de Copalillo Guerrero, clasificada en pobreza extrema y alta marginación, tiene tres épocas climatológicas, la primera de junio a





octubre, denominada época de lluvias, donde se establecen cultivos anuales, con algunos árboles perennes y las mejores condiciones del año para la producción. El segundo periodo va de noviembre a febrero, donde hay condiciones térmicas para el desarrollo agrícola con algunas áreas con disponibilidad de agua para riego. El tercer periodo de marzo-mayo, caracterizado por la presencia de temperaturas elevadas que acotan en gran medida la posibilidad de cultivos en condiciones de campo abierto. Ante estas condiciones los campesinos obtienen sus alimentos básicos (maíz, ajonjolí y calabaza) para su alimentación y la producción de hortalizas y frutas (limón mexicano) para su venta en mercados locales y/o regionales. Este esquema de producción tradicional, con superficies de labor reducidas, bajos rendimientos por unidad de superficie, baja apropiación de innovaciones tecnológicas, las cuales generalmente son generadas en lugares con mejores condiciones de suelo, humedad y disponibilidad de recursos económicos, así como métodos inadecuados durante el proceso de divulgación de la tecnología. Por lo que Morales *et al.*, 2015 proponen el modelo educativo de escuelas de campo, donde se implementan las nuevas tecnologías en combinación de los conocimientos empíricos bajo la premisa de Aprender-Haciendo, lo que permite informar, interesar, aceptar y adoptar las tecnologías. Con estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue determinar la eficiencia financiera del sistema de manejo integrado del limón (MIL), bajo el modelo de escuelas de campo, en un clima semiárido semicálido (BS1hw), que permita un mayor ingreso por actividad productiva de las familias campesinas en comparación con su situación inicial.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la localidad de Tlalcozotitlán, Mpio. de Copalillo Guerrero, en dos parcela-escuela de campesinos cooperantes, ubicados a 17°52'47.13" LN y 99° 9'6.79" LO, a 580 m de altitud, presenta un clima semiárido semicálido (BS1hw) (García, 1988). Su población total es de 1,029 habitantes, de los cuales 482 hombres y 547 mujeres. El 99% de la población es indígena de los cuales el 84% habla una lengua indígena. El 22% de la población mayor de 12 años está ocupada laboralmente (el 39% de los hombres y el 7% de las mujeres). Datos de la CONEVAL 2015, indican que la medición de la pobreza en





Guerrero, con respecto a la seguridad alimentaria en su población es del 45.7%, el 26.5% tiene una inseguridad alimentaria leve, el 16.6% tienen una inseguridad alimentaria moderada y el 11.3% de la población tienen una inseguridad alimentaria severa. El municipio de Copalillo es uno de los más pobres dentro de la entidad.

Se efectuaron 30 entrevistas a campesinos de la localidad mediante una encuesta. El 100% siembran maíz, 63% ajonjolí, 27% siembran cacahuate, 17% asocian maíz-calabaza, 13% siembran sorgo, 7% jamaica y 77% tiene limón. En este último cultivo se realizaron dos talleres participativos, a través de la metodología de Escuelas de Campo (Ruiz *et al.*, 2012), donde asistieron 4 mujeres y 12 hombres. Dos de ellos con huertas en producción y el resto huertas en crecimiento vegetativo de limón mexicano.

La investigación fue descriptiva, analítica y no experimental. Para obtener la información se evaluó el efecto de la tecnología denominada manejo integrado apoyado por el técnico y el seguimiento por los productores-promotores. En los análisis comparativo-descriptivo se emplearon comparación de proporciones y medios aritméticos (Briones, 1996).

En dos plantaciones de ocho años de edad de limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle), injertado sobre patrón *Macrophylla* (*Citrus macrophylla*, Wester), con distancia entre árboles de 8 x 8 m, y con una densidad de 150 árboles por hectárea se aplicó el MIL (Cuadro 1), con el productor-promotor "A" y "B".

Cuadro 1. Productos utilizados en el manejo integrado de limón mexicano (MIL). Copalillo Gro. 2017-2018.

Actividades	Fecha de aplicación	Especificaciones	Dosis/ha
Fertilización suelo	Septiembre, noviembre, enero, marzo, mayo	Fosfonitrato 31-4-0 (N, P, K) Fosfato monoamónico 12-61-0 (N, P, K) Ultrasol 13-6-40 (N, P, K)	100-50-50
Fertilización foliar	Octubre, diciembre	Quelatos: Mg 1.0%; S 4.0%; boro 4%; Cu 0.04%; Fe 30%; Mg 3.0%; Mo 0.25%; Zn 0.005%	2 L
Podas	Septiembre-noviembre	Urea (46%)	4 kg
Mejoradores suelo	Septiembre	<i>Glomus intraradices</i> , <i>Azospirillum brasilensis</i>	1.3 kg
	Mayo	Pasta bordelesa al tronco	40 L
Manejo de plagas y enfermedades	Julio	Cobre tribásico + azufre elemental	500 gr i.a. 725 gr i.a.
	Octubre	Mancozeb	800 gr i.a.
	Diciembre	Oxicloruro de cobre	500 gr i.a.





Este manejo incluyó: fertilización (100-50-50), fraccionada en cinco aplicaciones; fertilizante foliar, 2 L/ha de micronutrientes quelatados, en dos aspersiones; riegos periódicos cada 15 días de octubre a mayo (productor “A”, por goteo y productor-promotor “B”, riego rodado) humedeciendo a capacidad de campo el área de goteo del árbol; podas de saneamiento y de producción en septiembre; manejo de plagas y enfermedades (tres aplicaciones de fungicidas e insecticidas químicos). Se aplicó fertilización foliar para inducir floración, el “productor-promotor A” en septiembre y el “productor-promotor B”, de octubre a noviembre. La cosecha se realizó cuando los frutos estaban en madurez fisiológica, con un tamaño de \geq a 31 mm de diámetro, cáscara lisa, color verde intenso y contenido de jugo \geq 45% (SAGARPA, 2001). Se realizaron cortes semanales de noviembre 2017 a mayo 2018.

Para medir la rentabilidad de la tecnología MIL, contrastada con la tradicional, se aplicaron encuestas de costos dirigidas a los dos productores-promotores. Los costos fueron calculados de 2017 a 2018. El precio de venta se determinó de acuerdo a las condiciones de oferta y demanda prevalecientes en los mercados de Chilapa e Iguala. Considerando la estacionalidad del limón en el estado, en La Figura 1 se puede observar el porcentaje de producción para el estado de Guerrero, donde los mejores precios se observan a principios de año (SIAP, 2017). En este sentido, los indicadores económicos que se calcularon fueron la utilidad por venta de la cosecha, los costos de producción y la relación beneficio-costos (B/C), para determinar si la inversión del sistema MIL, genera ganancias en términos monetarios.

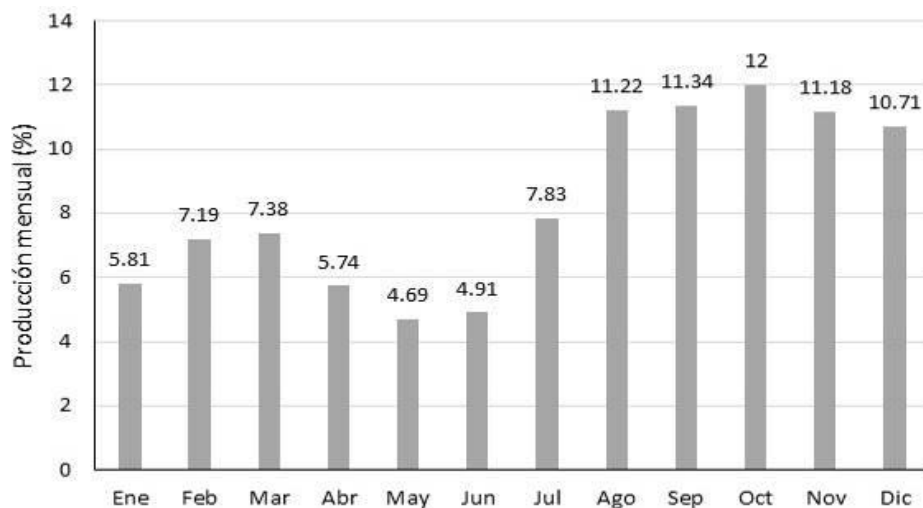


Figura 1. Estacionalidad de la producción limón mexicano (%) para el estado de Guerrero. SIAP 2017.





Resultados y discusión

Las encuestas mostraron que 23 productores de limón mexicano cuentan con una superficie promedio cultivada de 1.0 ha, con variación entre 0.25 a 2.0 ha. Solamente dos pequeños productores tienen huertas de limón mexicano en producción con tecnología tradicional y cosechan la fruta en mayo, con un rendimiento de 2.0 t/ha en el ciclo 2016-2017, menor en 83% al promedio estatal (SIAP, 2017). El costo de producción fue de \$ 3, 650 por ha. Aplican fertilizantes (nitrógeno y fósforo), usan herbicidas e insecticidas, pero no controlan enfermedades, y atienden las recomendaciones de los vendedores de productos químicos, aplicándolos indiscriminadamente durante las antesis. El resto cuenta con plantas de limón en crecimiento vegetativo. Los encuestados pertenecen a una organización de productores “El Copalito S.P.R. de R.L. de C.V.”

Los rendimientos por aplicación del MIL durante el ciclo 2017-2018 se observan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis del ingreso anual bruto para “productores-promotores A y B” con un manejo integrado de limón mexicano en las parcelas-escuela de Tlalcozotitlán, Mpio. de Copalillo Gro.

Año	Mes	Precio mensual/kg	“Productor-promotor A”		“productor-promotor B”	
			Producción mensual (t/ha)	Ingreso mensual	Producción mensual (t/ha)	ingreso mensual
2017	noviembre	\$ 14.29	0.63	\$ 9, 000.00	0.0	\$ 0.00
	diciembre	\$ 14.29	0.70	\$ 10, 000.00	0.0	\$ 0.00
2018	enero	\$ 17.14	0.84	\$ 14, 400.00	0.0	\$ 0.00
	febrero	\$ 17.14	0.98	\$ 16, 800.00	0.28	\$ 4, 800.00
	marzo	\$ 17.14	1.05	\$ 18, 000.00	1.96	\$ 33, 600.00
	abril	\$ 14.29	1.05	\$ 15, 000.00	2.52	\$ 36, 000.00
	mayo	\$ 7.14	1.05	\$ 7, 500.00	2.66	\$ 19, 000.00
Rendimiento acumulado			6.30		7.42	
Ingreso anual bruto				\$ 90, 700.00		\$ 93, 400.00

Nota: precios en moneda nacional.

El Cuadro 2, muestra que el “productor-promotor A” inició la cosecha de noviembre a diciembre en 2017, y de enero a mayo 2018; un lapso de siete meses con una producción acumulada de 6.30 t/ha, e ingreso anual bruto de \$ 90, 700.00. El “productor-promotor B”,





cosechó de febrero a mayo de 2018, con producción anual de 7.42 t/ha e ingreso anual bruto de \$ 93, 400.00.

La evaluación económica de las dos tecnologías, no consideró el factor mano de obra involucrado en la cosecha y actividades de manejo del cultivo, esto debido a que a mayor rendimiento la demanda por este recurso aumenta, aumentando el costo de producción, impidiendo un análisis más objetivo. Bajo estas condiciones el coeficiente de B/C de la tecnología MIL es de 4.82 y 4.68 para el “productor-promotor B” y “productor-promotor A” respectivamente, mientras que la tecnología tradicional fue de 3.91 con una menor rentabilidad. Bajo este escenario se obtuvo que la tecnología MIL fue más rentables respecto a la tecnología del productor. A pesar de que el costo del proceso de producción por una hectárea bajo el sistema MIL fue de \$ 19, 381.00 pesos, mientras que el bajo costo de producción con la tecnología tradicional es 81% menor a la tecnología propuesta.

Cuadro 3. Análisis financiero de la tecnología tradicional (MT) y manejo integrado (MIL) sobre la producción de limón mexicano. Tlalcozotitlán, Mpio. de Copalillo, Gro.

Tecnología	Rendimiento t/ha	Costo de producción por hectárea ^z	Venta de Cosecha (valor en \$)	Relación ^y B/C
MT "productor-promotor A" (Ciclo 2016-17)	2.00	\$ 3, 650.00	\$ 14,2 85.71	3.91
MIL "productor-promotor A" (Ciclo 2017-18)	6.30	\$ 19, 381.00	\$ 90, 700.00	4.68
MIL "productor-promotor B" (Ciclo 2017-18)	7.42	\$ 19, 381.00	\$ 93, 400.00	4.82

^z Incluye costos de nutrición (producto), riego, control de plagas y enfermedades, maleza, cajeteo, poda y cosecha. ^y Relación B/C=Producto de las ventas/Costo de producción.

En este escenario el “productor-promotor A” en el ciclo 2016-17, con tecnología tradicional, tuvo un ingreso bruto de \$14,285.71 por ha, con un coeficiente B/C de 3.91 y un costo de producción de \$3,650.00; mientras que el mismo productor en el ciclo 2017-18 aplicando la tecnología MIL su ingreso bruto fue de \$90,700.00 por ha, con un B/C de 4.68 y un costo de producción de \$19,381.00 por ha (Cuadro 3).

La recomendación del manejo integrado está en función del beneficio económico, incremento en producción, disponibilidad en el mercado y facilidad de aplicación. Lo que permite a las familias campesinas de Tlalcozotitlán incrementar sus ingresos y reducir sus niveles de marginación, esta situación es coherente con lo reportado por Ramírez *et al.*, 2013, quienes demostraron que los sistemas de producción orientados a cultivos perennes, salvo el caso de





café, permiten a los habitantes del medio rural mejorar sus niveles de vida al reducir su nivel de marginación. Ruiz *et al.*, 2012 mostraron que la adopción y adaptación o rechazo de los componentes de una tecnología milpa intercalada en árboles frutales, determinó un incremento al rendimiento de maíz y obtención de ingresos económicos para la familia campesina Mixe en Oaxaca, contribuyendo al desarrollo de capacidades del productor, evidenciando que los resultados no determinan que la concepción de esta innovación sea total por los productores, que finalmente él decide innovar y/o rechazar, con base en la experiencia obtenida.

Conclusiones

1. El paquete tecnológico MIL propuesto y desarrollado por el INIFAP, para el municipio de Copalillo en la localidad de Tlalcozotitlán, cuenta con potencial económico importante, ofreciendo una oportunidad a los productores de aumentar sus ingresos, haciendo su actividad más rentable.

Literatura citada

Briones, G. 1996. Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales.

Instituto Colombiano para el fomento de la educación superior. ICFES. Bogotá. 217 p.

<https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacion-quillermo-briones.pdf>

CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2015.

Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas 2014.

www.coneval.gob.mx.

Díaz-Padilla, G., J. I. López-Arroyo, I. Sánchez-Cohen, R. A. Guajardo-Panes, G. Mora-Aguilera y J. Á. Quijjano-Carranza. 2014. Áreas de abundancia potencial en México del vector del huanglongbing, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). REMEXCA 5(7):1137-1153.





- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Offset Larios. 217 p.
- Morales, G. M., C. M. Hernández G. y R. Vásquez O. 2015. Escuelas de Campo. Un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios. Folleto Técnico Núm. 48. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo. Etna, Oax., México. 37 p.
- Noriega, C. D. H., R. González M. E., R. Garrido R., J. Pereyda H., V. M. Domínguez M. y M. E. López E. 2012. Evaluación de dos sistemas de producción de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) en Guerrero, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 415-425.
- Ramírez, R. S., A. Figueroa R. y F. Hernández R. 2013. Relación entre la producción agrícola y marginación a nivel municipal para el estado de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* Vol. 33: 528-538.
- Ruiz, M. A. D., L. Jiménez S., O. L. Figueroa R. y M. Morales G. 2012. Adopción del sistema milpa intercalada en árboles frutales por cinco municipios del estado de Oaxaca. *REMEXCA* 3(8):1605-1621.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca). 2001. Norma oficial mexicana NMX-FF-087-SCFI-2001 21/09/2001 31-39. Secretaría de Economía (SE). 13 p.
- SIAP (Sistemas de Información Agropecuaria y Pesquera). 2017. Estadísticas de la producción agrícola en México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> [Fecha de consulta: 26 de mayo 2018].
- Téliz, D. 2000. El manejo integrado del aguacate. P. 185-198. *In: El Aguacate y su Manejo Integrado*. Ed. Mundi Prensa. México, D.F.
- Torres P. I., J. I. López A., J. A. Aguirre G., R. G. Guevara G., R. Yáñez L., M. I. Hernández Z. y J. A. Quijano C. 2013. Potential distribution in Mexico of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) vector of huanglongbing pathogen. *Florida Entomologist* 96(1):36-47.





EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA FORESTAL “EL TORMENTO” Y SU CONTRIBUCIÓN A LA CIENCIA EN MÉXICO

Nelda Uzcanga Pérez^{264*}, Yameli Aguilar Duarte²⁶⁵, Aixchel Maya Martínez²⁶⁶, Eric Díaz Maldonado²⁶⁴
y Ligia Esparza Olgún²⁶⁷

Resumen

El presente trabajo expone una reseña histórica de los experimentos e investigaciones forestales generadas en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”, a través de la reconstrucción cronológica de actividades de investigación, innovación y desarrollo de tecnología y publicaciones, visitas de diferentes personalidades nacionales e internacionales, centros de investigación y universidades²⁶⁶ y de los ámbitos políticos y diplomáticos; se resalta con ello, el auge de la investigación forestal y su contribución a la ciencia que se encuentra plasmado en más de 187 publicaciones que en su época fueron pioneras en el análisis del manejo y la implementación de plantaciones de los bosques tropicales en México.

Palabras clave: grupo focal, línea del tiempo, socioeconomía

Introducción

El estado de Campeche cuenta con una superficie de 4.7 millones de ha, y por su extensión territorial, ocupa el lugar 15 a nivel nacional, de esta superficie, 60% es de vocación forestal (SEMARNAT & CONAFOR, 2013). Debido a que desde los años 40's las zonas forestales del estado sufrieron deterioro originado por el manejo inadecuado y aprovechamiento desregulado de los recursos forestales, se establecieron áreas forestales bajo protección,

²⁶⁴ *INIFAP Campo Experimental Mococho. uzcanga.nelda@inifap.gob.mx

²⁶⁵ INIFAP Centro de Investigación Regional del Sureste

²⁶⁶ INIFAP Campo Experimental Edzná

²⁶⁷ Colegio de la Frontera Sur-Campeche





tales como la reserva de la biosfera de Calakmul. Sin embargo, las áreas forestales del estado de Campeche siguen en riesgo; por ejemplo, el municipio de Escárcega, presenta uno de los escenarios más severos en cuanto a cambio de uso del suelo se refiere, esto es, debido principalmente, a la ganadería extensiva, la intensificación agrícola, la agricultura itinerante, el crecimiento urbano, así como el desarrollo de infraestructura de carreteras y caminos rurales.

En medio de este mosaico agropecuario sobresale la masa forestal que conforma el predio conocido como Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”, creado con el objetivo de fortalecer el desarrollo del sector en el trópico húmedo. Cuenta con áreas destinadas a la investigación forestal, tales como selva natural (representada en su mayoría por selva mediana subperennifolia), acahuales, plantaciones forestales, sitios permanentes de investigación silvícola, así como un orquideario, un arboretum y jardín botánico.

Ante la necesidad de contribuir al fortalecimiento del desarrollo del sector en el trópico húmedo, se recopilaron documentos históricos e información directa de un grupo de informantes clave, para la reconstrucción histórica de las investigaciones forestales realizadas en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”.

Materiales y métodos

Para la reconstrucción histórica de la investigación forestal realizada en el C. E. “El Tormento”, se utilizaron diferentes técnicas (Fernández, 2006; Folgueiras, 2009; Huber, 2002; Rodríguez y Herrera, 2005; Hamui y Varela, 2013):

1) Línea del tiempo: se realizó una investigación documental para ubicar documentos cuyo aporte a la investigación científica forestal haya estado ligada al Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”. Tomando como punto de partida el documento Publicaciones del Campo Experimental “El Tormento” 1961-2005: Listado alfabético (CIRSE, 2005), en el cual se relacionaron 187 publicaciones, encontradas en medios electrónicos, acervos bibliográficos los C. E. Mococho y Edzná, con personal





investigador, para finalmente compilar un total de 105 documentos entre libros, folletos, artículos, memorias, boletines, desplegados etc., además de 22 documentos que no estaban registrados en el listado alfabético.

2) Grupo focal: Se utilizó esta técnica para realizar una entrevista grupal abierta y estructurada a un grupo de ex investigadores, técnicos, personal de apoyo administrativo y de campo, para discutir y elaborar desde su experiencia personal, la reconstrucción histórica del C. E. El Tormento hoy Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”. La sesión de trabajo se llevó a cabo el día 23 de noviembre del 2016 en el municipio de Escárcega, Campeche, con la participación de ocho personas.

3) Entrevistas personales o por medios electrónicos: Se diseñó un guion de entrevista para informantes clave y, durante una reunión de trabajo y con la técnica de lluvia de ideas, se integró el marco de lista para obtener 18 entrevistas efectivas.

Resultados y discusión

El Campo Experimental Forestal El Tormento se creó el 21 de abril de 1961 de acuerdo al Diario Oficial Tomo CCXLV Núm. 44. Se encuentra ubicado en el km 292 de la carretera Escárcega - Villahermosa, a 8.5 km de la ciudad de Escárcega. El objetivo de su establecimiento fue desarrollar técnicas para el manejo de los recursos forestales que ofrecen las selvas del trópico húmedo (Cedeño, 1981).

La superficie inicial de El Tormento fue de 225 ha, misma que se amplió posteriormente a 1,400 ha por el interés que había en ese momento en el país de aumentar la superficie para la investigación forestal. El Tormento se fracciona en dos zonas divididas por la carretera federal, la norte con una superficie de 900 ha y la zona sur con 500 ha (Cedeño, 1981).

El Tormento se mantuvo como Campo Experimental (C. E.) hasta 2006, año en que se convirtió en Sitio Experimental (S. E.). Funcionó como tal hasta la firma del contrato de comodato entre la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), celebrado el 11 de noviembre del 2015 para crear el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal “El Tormento”.





Los trabajos de investigación que se realizaron en El Tormento, se pueden agrupar en cuatro temáticas generales: 1) Plantaciones forestales, 2) Usos múltiples, 3) Industria de la madera y 4) Manejo forestal (Marín, 2017). En sus inicios, estos temas estaban fundamentados en proyectos de investigación que coincidían con las temáticas previamente mencionadas. Así, en las diferentes áreas forestales del Centro se desarrollaron investigaciones en las décadas de los 60, 70 y 80, tales como:

- Plantaciones forestales: Establecimiento de especies como *Gmelina arborea* (melina), *Tectona grandis* (teca), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Cedrela odorata* (cedro), *Calophyllum brasiliense* (barí), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Cordia dodecandra* (ciricote), para los cuales se desarrollaron paquetes tecnológicos para producción de planta en vivero, huertos semilleros y bancos clonales; asimismo, se realizó investigación en sanidad forestal, ésta última para determinar infestación de *Hypsipyla grandella* (Arreola, 1988a, 1988b; Arreola y Macías, 1988; Cedeño, 1978a, 1978b; Cedeño y Villa, 1978; Centeno, 1990; Cuanalo, 1964; Juárez y Ramírez, 1985; Piedra y Carreón, 1984; Rodríguez, 1978; Salaya y Gómez, 1981; Vaca y Espinoza, 1988; Vaca, Segovia y Argüelles, 1988).
- Industria de la madera: Con la aplicación de Xilotecnología, tecnología de la madera, se realizaron estudios de determinación de características anatómicas y fisicomecánicas de la madera de especies tropicales, propiedades y uso de la madera, así como determinación de índices de calidad de pulpa para papel (Flores, 1981; Pérez, Robles y Simental, 1979; Robles, 1978; Tamarit, 1996).
- Usos múltiples: Se trabajó con *Chamaedorea elegans* (palma camedor) generando modelos de aprovechamiento; de igual forma, en implementación de modelos agroforestales y silvopastoriles, por ejemplo, con pastos bajo dosel o mejoramiento de milpa (cultivo en callejones); también se establecieron un orquideario, jardín botánico y arboretum (Bertoni & Rodríguez, 1982; Cedeño, 1978b; Hernández, 1988, 1998, 1999; Sarmiento, 1984).
- Manejo forestal: Con actividades de inventarios forestales, datos fenológicos de 70 especies, implementación de sitios permanentes de investigación silvícola (SPIS), análisis de la dinámica diamétrica de árboles en vegetación secundaria y selvas, tablas de producción de látex de chicozapote y la capacitación a grupos técnicos





(Cedeño, 1978a; Centeno, 1990; Centeno y Zavala, 1988; Espinosa y Chavelas, 1988; Ruiz, 1990; Ruiz y Aldrete, 1988).

La investigación realizada en El Tormento propició la visita de diferentes personalidades nacionales e internacionales, de diferentes ámbitos políticos y diplomáticos como:

- Presidentes de México (Lic. Carlos Salinas de Gortari y Lic. Miguel de la Madrid Hurtado).
- Secretarios del gobierno federal (Lic. Luis Donald Colosio).
- Embajadores (Israel y Estados Unidos de Norteamérica).
- Académicos (Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Universidad Autónoma de Campeche (UAC).
- Investigadores (Costa Rica, Panamá, Honduras, Vietnam y Estados Unidos de Norteamérica).
- Organizaciones o dependencias [Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), The World Agroforestry Centre (ICRAF), International Union of Forest Research Organizations (IUFRO), World Wildlife Fund (WWF) y ProNatura México A.C.].
- Otros (gerentes forestales de Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y Costa Rica).

Finalmente, de las 187 publicaciones del Listado alfabético (CIRSE, 2005), se compilaron 105 documentos entre libros, folletos, artículos, memorias, boletines, desplegados etc., y 22 más que no estaban registrados en el listado alfabético. La mayor parte de las publicaciones se realizaron de 1980 a 1999, sobresaliendo la producción científica en los programas de manejo forestal y plantaciones forestales (Figura 1).



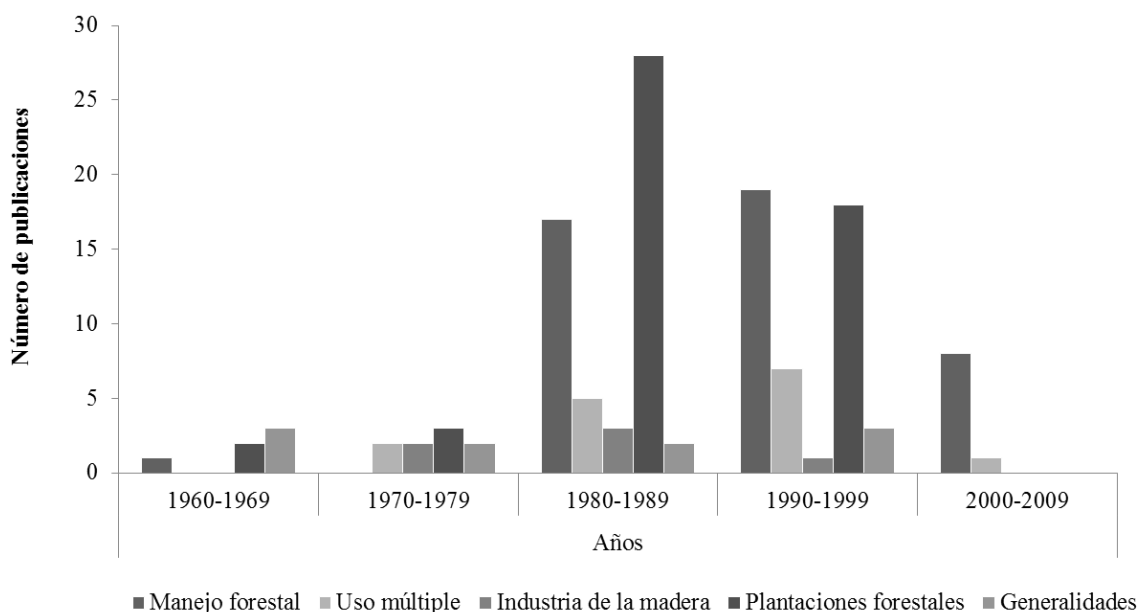


Figura 1. Número de publicaciones por períodos y tema de investigación del C. E. El Tormento.

El 57.48% se publicaron de 1968 a 2000 como memorias de congresos nacionales, 21.26% como artículos científicos publicados de 1978 al 2005, en revistas nacionales e internacionales, 9.45% fueron publicados como folletos técnicos durante 1979 a 2005, 2.36% como boletines de divulgación durante 1961 al 1969 y el 9.45% restante para otras publicaciones diversas ilustradas en la Figura 2.

De las 127 publicaciones compiladas, 111 (87.40%) fueron editadas por el INIFAP, 17 fueron artículos publicados en la revista Mexicana de Ciencias Forestales, antes Ciencia Forestal y el resto fueron editadas y publicadas por otras instituciones (Figura 3).

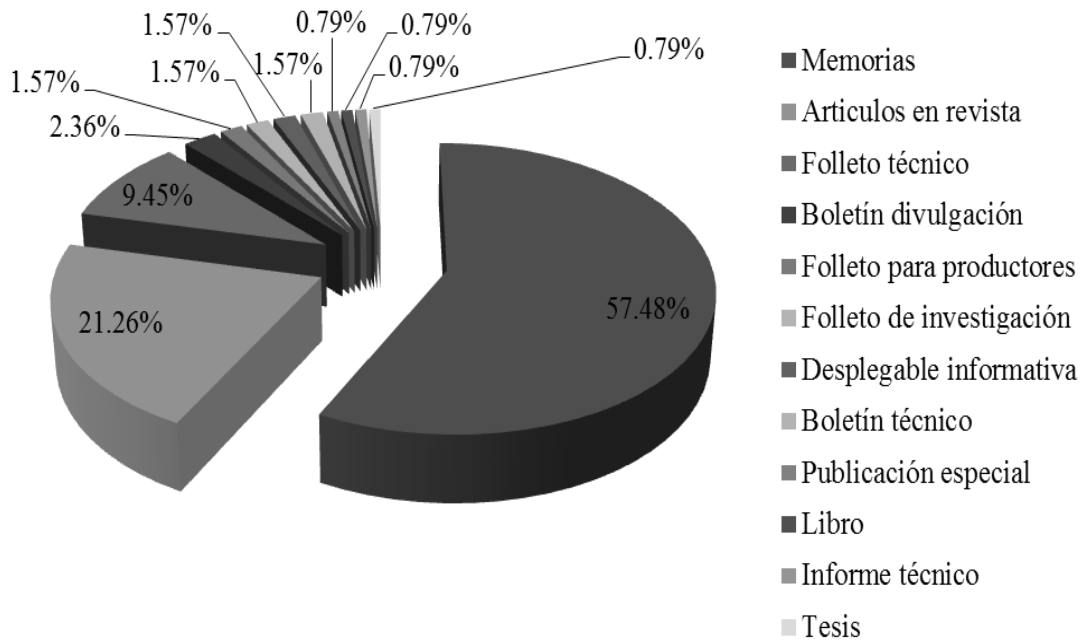


Figura 2. Clasificación en porcentaje y tipo de publicación del C.E El Tormento.

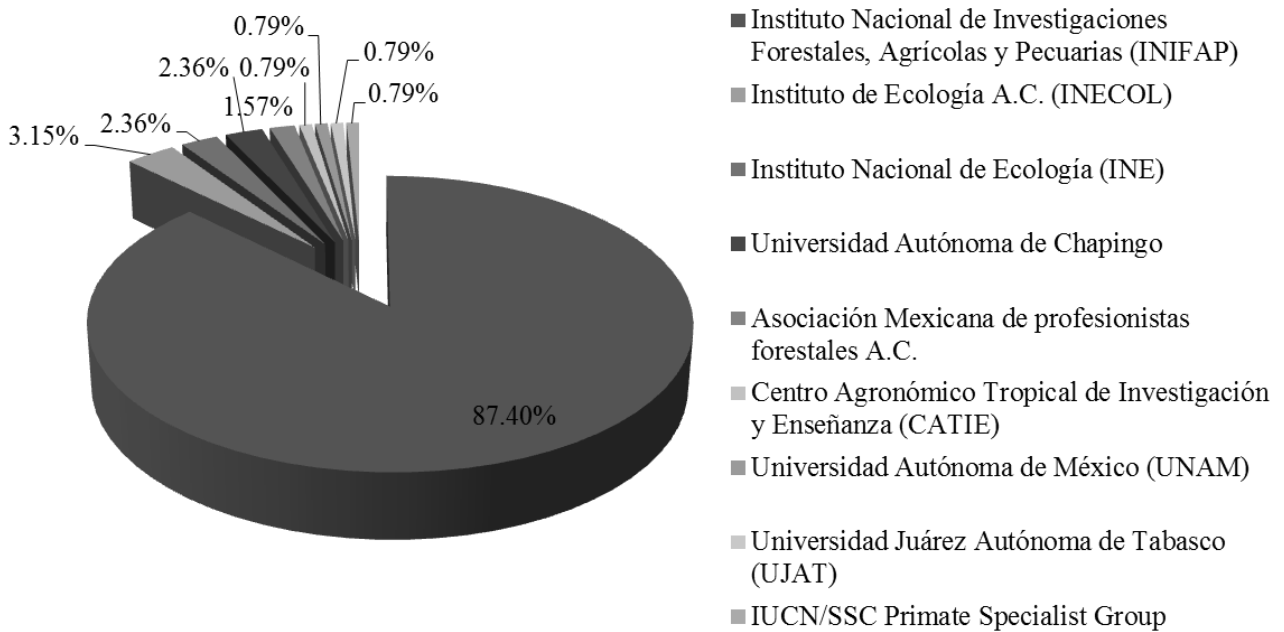


Figura 3. Clasificación en porcentaje y editores de las publicaciones compiladas.





Conclusiones

1. Sin duda alguna el C. E El Tormento ahora Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología El Tormento” ha aportado al sector forestal conocimiento plasmado a través de sus diferentes publicaciones y generado diversas tecnologías que inclusive están vigentes hoy en día y que sirven como línea base para investigaciones en plantaciones forestales, manejo forestal, uso múltiple, industria de la madera en especies como *Gmelina arborea* (melina), *Tectona grandis* (teca), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Cedrela odorata* (cedro), *Calophyllum brasiliense* (barí), *Manilkara zapota* (chicozapote), *Cordia dodecandra* (ciricote), *Chamaedorea elegans* (palma camedor) entre las más estudiadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el financiamiento del proyecto “Reactivación de las Investigaciones forestales en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología El Tormento” del cual se derivó el siguiente trabajo.

Literatura citada

- Arreola, C. 1988a. Ciclo de vida de *Hypothenemus* sp. *In*: Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP. Chiná, Camp., México. 50 p.
- Arreola, C. 1988b. Ensayo de insecticidas para el control de barrenadores. *In* Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP. Chiná, Camp., México. 50 p.
- Arreola, C. y Macías G. 1988. Posibles causas de muerte descendente de la teca. *In* Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP. Chiná, Camp., México. 50 p.





- Bertoni, V. R. y P. Rodríguez A. A. 1982. Uso múltiple de los recursos forestales (Ensayo sobre propagación de *Lippia* sp.). Folleto Técnico No. 2. C.E. El Tormento. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). Escárcega, Camp., México.
- Cedeño, S. O. 1978a. Especies tropicales de rápido crecimiento. p. 27 - 37. *In*: Primera reunión nacional sobre plantaciones forestales. Subsecretaría Forestal y de Fauna. México.
- Cedeño, S. O. 1978b. Alternativas para el uso múltiple de suelos en áreas de plantaciones forestales (zonas tropicales). p. 476-480. *In*: Primera reunión nacional sobre plantaciones forestales. Subsecretaría Forestal y de Fauna. México.
- Cedeño, S. O. 1981. Campo Experimental Forestal "El tormento" Campeche. *Revista Ciencia Forestal* 1(3):75-82.
- Cedeño, S. O. y S. Villa A. B. 1978. La *Gmelina arborea*, posible solución a las plantaciones forestales en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(13):19-29.
- Centeno, E. L. R. 1990. Inventario forestal en la zona norte del Campo Experimental Ing. Eduardo Sangri Serrano. *In*: Memoria de la segunda reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP. Chiná, Camp., México. 148 p.
- Centeno, L. y I. Zavala. 1988. Estudio de la dinámica sucesional de una selva mediana subperennifolia en la región de Escárcega, Campeche. *In*: Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria. CIFAP. Chiná, Camp., México. 9 p.
- CIRSE (Centro de Investigaciones Regionales del Sureste). 2005. Publicaciones del Campo Experimental "El Tormento" 1961-2005. Listado alfabético. Documento interno de la división forestal del CIRSE. CIRSE-INIFAP. Mérida, Yuc., México.
- Espinosa, A. y J. Chavelas. 1988. Dinámica sinecológica de cuatro etapas sucesionales de una selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche. *In*: Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria. CIFAP. Chiná, Camp., México. 100 p.
- Fernández, N. L. 2006. ¿Cómo analizar datos cualitativos? *Butlletí LaRecerca* 7:1-13.
- Flores, R. L. J. 1981. Anatomía de la madera de tres especies tropicales mexicanas. Folleto técnico No. 24. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF). México.





- Folgueiras, B. P. 2009. Métodos y técnicas de recogida y análisis de información cualitativa. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Barcelona. Presentación en Power Point. Forestales (INIF).
- Hamui S., A. y M. Varela R. 2013. Metodología de investigación en educación médica. Investigación en Educación Médica 2(1): 55-60.
- Hernández, G. G. 1988. Catálogo de plantas útiles de la región del C.E. Ing. Eduardo Sangri Serrano, en Campeche. *In*: Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP. Chiná, Camp., México. 108 p.
- Hernández, G. G. 1998. Guía para el cultivo del achiote. Folleto para productores. C.E. Ing. Eduardo Sangri Serrano. INIFAP-CIRSE. Escárcega, Camp., México.
- Hernández, G. G. 1999. Aprovechamiento de hoja de palma camedor. *In*: 500 tecnologías Llave en mano. División forestal. SAGAR-INIFAP. México. 108 p.
- Huber, L. G. 2002. El análisis de datos cualitativos como proceso de clasificación. Revista de Educación 21(4):141-156.
- Juárez, G. V. M. y H. Ramírez M. 1985. Crecimiento de *Gmelina arborea* Roxb. (L.) en cuatro espaciamientos. Revista Ciencia Forestal 10(56):33-45.
<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/view/1089/1087>
- Pérez, O. C. de la P., Robles G. F. y A. Simental S. 1979. Determinación de las características anatómicas y fisicomecánicas de la madera de cuatro especies de leguminosas. Folleto Técnico No. 61. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México.
- Piedra, O. R. y M. Carreón M. 1984. Tabla de volúmenes para la especie *Gmelina arborea* Roxb. (L.) en plantaciones del C.E.F. "Ing. Eduardo Sangri Serrano". Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9(48):35-38.
<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/viewFile/1059/1057>.
- Rodríguez, S., C. Lorenzo Q. O. y T. Herrera L. 2005. Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades 15(2):133-154.





- Ruíz, J. y E. Aldrete. 1988. Composición y estructura de cuatro acahuales dominados por Tzalam en la región de Escárcega, Campeche. *In: Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP*. Chiná, Camp., México. 102 p.
- Ruíz, Z. J. M. 1990. Regeneración natural en cuatro etapas sucesionales de una selva mediana subperennifolia. *In: Memoria de la segunda reunión científica forestal y Agropecuaria*. CIFAP. Chiná, Camp., México. 154 p.
- Salaya S. A. y G. Gómez G. 1981. Consideraciones sobre un jardín natural forestal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(33):43-64.
<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Forestales/article/>
- Sarmiento, M. 1984. Frutos secos: Potencial artesanal de la selva. *Revista Ciencia Forestal* 9(52):11-33.
- SEMARNAT- CONAFOR (Secretaría de medio ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional Forestal). 2013. *Inventario Estatal Forestal y de Suelos*. Campeche, Camp., México.
- Tamarit, U. J. C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. *Madera y bosques* 2(2):29-41.
- Vaca, E. y A. Espinosa. 1988. Ensayo de regeneración natural de teca y melina. *In Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria CIFAP*. Chiná, Camp., México. 104 p.
- Vaca, E., I. Segovia y L. Arguelles. 1988. Ensayo de regeneración natural de cedro en el C.E. Ing. Eduardo Sangri Serrano. *In: Memoria de la primera reunión científica forestal y agropecuaria*. CIFAP. Chiná, Camp., México. 103 p. [viewFile/1008/1006](#).





IMPACTO DE VARIEDADES DE FRIJOL SUSTENTABLES DEL INIFAP, EN LAS CUENCAS RÍO BLANCO Y PAPALOAPAN

Francisco Javier Ugalde Acosta²⁶⁸, Carmen Aridai Hernández Estrada²⁶⁸, Maurilio Mendoza Mexicano²⁶⁸, Simón Leyva Vela²⁶⁸, Emilio Rodríguez Escalante²⁶⁹, Arturo Guirrit Guzmán²⁷⁰, Elías Salomón Meza²⁷¹, Emilio Orea Fernández²⁷¹, Francisco Sánchez Fernández²⁷¹, Ivan Alí Elías Domínguez²⁷¹, Felipe Alejandro Mata Morales²⁷², Carlos Bustos Ando²⁷², Juan Carlos Chamorro Mata²⁷² y Pedro Montalvo Nolasco²⁷²

Resumen

La baja productividad y abasto de frijol en las Cuencas del Río Blanco y Papaloapan, obedece en gran parte, a que debido a la escasa disponibilidad de variedades mejoradas del INIFAP y a la ausencia de programas de fomento tecnológico, los productores utilizan como semilla para la siembra, el grano. Para contribuir a solucionar esta problemática, el INIFAP dispone de variedades de alto rendimiento, tolerantes a factores bióticos y abióticos, así como de una estrategia de transferencia de semillas PASF-Municipal. El presente proyecto operó durante el segundo semestre de 2017, en 15 municipios de los estados de Veracruz y Oaxaca. Se establecieron siete módulos de validación de frijol Negro Tropical y Negro INIFAP. Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento promedio de grano, fue 1, 488.8 kg/ha para Negro Tropical y 1, 432.9 kg/ha para Negro INIFAP, superiores en 68% y 63.6% al testigo Negro Michigan. Durante la conducción de módulos se capacitó a 10 agentes de cambio, y se realizaron siete eventos demostrativos, a los que asistieron 283 personas. Se produjo y transfirió semilla artesanal de la variedad Negro Tropical, por productores innovadores a 369 productores usuarios, los cuales sembraron 58 hectáreas, cuyo rendimiento promedio fue de 1, 147.5 kg/ha, cifra 135% superior al promedio que se obtiene en las Cuencas del Río Blanco y Río Papaloapan. El abasto familiar anual de los productores participantes fue cubierto al 100% con respecto al requerimiento anual de 65 kg.

²⁶⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. agrotecnia7@yahoo.com.mx

²⁶⁹ Técnico de Distrito de Desarrollo Rural 005 Fortín. SAGARPA Veracruz.

²⁷⁰ Docente Centro Bachillerato Tecnológico Agropecuario 84 Carlos A. Carrillo, Ver.

²⁷¹ Agente de cambio de los estados de Veracruz y Oaxaca.

²⁷² Docente de la Universidad Intercultural. Universidad Veracruzana de las Grandes Montañas.





Con base en el valor de la producción obtenida por los productores beneficiados, la relación costo-beneficio del proyecto fue de 1:6.6 y para el productor de 1:2.2.

Palabras clave: desarrollo rural, marginación, alimentación

Introducción

En las Cuencas Hidrológicas del Río Blanco y Papaloapan en los estados de Veracruz y Oaxaca, el rendimiento promedio de frijol es de 580 kg/ha (SAGARPA, 2016). El rendimiento es poco rentable para los productores que siembran con fines semi comerciales, y bajo para el abasto familiar de los pequeños productores. Las causas de la baja productividad se deben al desconocimiento, disponibilidad y bajo uso de variedades mejoradas del INIFAP. Así como la falta de acciones de transferencia, difusión y promoción de las mismas por el centro de investigación (López *et al.*, 2001) y el poco interés comercial de las empresas por producir semilla certificada de variedades de polinización libre. Todo ello limita su disponibilidad, por lo que es necesario un programa continuo de producción de semillas de variedades mejoradas de bajo costo, a nivel local o de cuenca hidrológica, integrado a un modelo que agilice el proceso de transferencia, con la participación de organismos de fomento, que contribuyan a solucionar la problemática, aumente la productividad y abasto de grano. El INIFAP, a través del Campo Experimental Cotaxtla, obtuvo variedades mejoradas, evaluadas en diversas localidades de las cuencas hidrológicas referidas, con adaptación climática y edáfica, alta productividad y resistencia a enfermedades, y representan una opción para contribuir a solucionar la problemática de producción y abasto (Ugalde *et al.*, 2010 y 2012). Desde 1998 a 2013 las variedades mejoradas se han validado en diferentes localidades ubicadas desde los 0 a 1, 660 msnm, en climas tropicales, y transición climática en Veracruz y Oaxaca, en condiciones de temporal y humedad residual, en diferentes tipos suelos y con pH variable. En áreas tropicales con altitudes de 0 a 900 msnm, el rendimiento promedio por hectárea en el ciclo otoño-invierno (O-I) de humedad residual de las variedades Negro Comapa, Negro INIFAP, Negro Tropical y Negro Veracruz, se obtuvieron rendimientos de 1, 333 kg, 1, 324 kg, 1, 215 kg y 1, 090 kg/ha, respectivamente, superando el rendimiento





promedio de los testigos Negro Michigan y Jamapa en 26.5% y 62.4% respectivamente y en 94.5% al rendimiento promedio regional. En la zona de transición climática de Veracruz, entre 900 a 1, 700 msnm, en el ciclo P-V de temporal y O-I de humedad residual, las variedades más rendidoras por hectárea fueron Negro Comapa con 2, 042 kg, Negro 8, 025 con 1, 589 kg, Negro INIFAP con 1, 463, Negro Veracruz con 1, 434 kg y Negro Tropical con 1, 392 kg, y rendimiento promedio de 64% y 404 % superior al testigo Negro Michigan y Jamapa respectivamente, 237% más, con respecto al rendimiento promedio en la zona de producción (Ugalde, *et al.*, 2013). En los módulos de validación, el cultivo no recibió fertilizantes o fungicidas, lo que confirma que son genotipos sustentables, con resistencia y/o tolerancia a factores bióticos y abióticos, adaptadas a las condiciones agroecológicas, haciendo factible incrementar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo a corto plazo y transferir a los productores un modelo de transferencia. El objetivo del trabajo es dar conocer el impacto productivo y en el auto abasto de grano, de variedades mejoradas de frijol, mediante su transferencia a los productores, y capacitación técnica a agentes de cambio de los ayuntamientos y entidades educativas, en municipios de las Cuencas hidrológicas de los ríos Blanco y Papaloapan en Veracruz y Oaxaca.

Materiales y métodos

El proyecto se desarrolló en los municipios Nogales, Maltrata, Acultzingo, Mariano Escobedo, Xoxocotla, Soledad Atzompa, Magdalena, Orizaba, Rafael Delgado, Río Blanco, Córdoba, Tierra Blanca, Carlos A. Carrillo y Tlacotalpan en el estado de Veracruz, y Valle Nacional, Acatlán de Pérez Figueroa, Tuxtepec, en el estado de Oaxaca, ubicados en las Cuencas hidrológicas Río Blanco y Papaloapan. Se utilizaron las variedades comerciales de frijol Negro INIFAP (Villar y López, 1993) y Negro Tropical (López *et al.*, 2002) generados por el INIFAP y como testigo local y regional Negro Michigan. Para transferir la tecnología las variedades a los productores, el proyecto se sustentó en el modelo de Producción Artesanal de Semilla de Frijol Municipal PASF (López *et al.*, 2001), generado por el PROFRIJOL, y adaptado a nivel de municipio por el INIFAP, como PASF-Municipal (Ugalde *et al.*, 2004), y contempla las siguientes etapas: 1) Integración y vinculación con autoridades municipales del





sector agropecuario para la operación y seguimiento técnico, validación-demostración para evaluar y difundir el conocimiento de las variedades mejoradas en parcelas de productores innovadores, 2) Establecimiento y conducción de módulos de producción de semilla artesanal PASF con productores transferencistas, 3) Entrega-transferencia de semilla artesanal a productores con vocación en la siembra de frijol, seleccionados por personal de las direcciones de fomento agropecuario, por su interés en integrarse al desarrollo tecnológico; 4) Evaluación del impacto socioeconómico y productivo de la tecnología a nivel municipal. En todas las etapas, la capacitación de productores y técnicos se realizó de acuerdo con la participación del personal técnico de ayuntamientos, docentes de instituciones educativas que se sumaron al proyecto y productores participantes.

En la primera etapa se realizaron reuniones de vinculación con el personal de fomento agropecuario de los ayuntamientos interesados en participar, se establecieron dos módulos de validación-demostración en el ciclo primavera-verano de 2017, en los municipios de Rafael Delgado y Córdoba, ubicados a 1, 200 y 1, 550 msnm, respectivamente, en la cuenca alta del Río Blanco; en la región de Las Grandes Montañas del centro de Veracruz y en la cuenca del Papaloapan se establecieron cinco módulos durante el ciclo de otoño-invierno 2017/18 en condiciones de humedad residual, en los municipios de Tierra Blanca y Carlos A. Carrillo en el estado de Veracruz y tres en los municipios de Tuxtepec, Valle Nacional y Acatlán de Pérez Figueroa, en Oaxaca. Se sembraron las variedades mejoradas de frijol Negro Tropical, Negro INIFAP y un testigo local o regional. Al final del ciclo se cosechó todo el lote de cada genotipo y se estimó el rendimiento en kg/ha. En estos módulos se realizaron recorridos y demostraciones de campo, en las que se difundió y promovió la tecnología, de acuerdo a la metodología PASF-Municipal.

En la segunda etapa se establecieron cinco módulos de producción de semilla artesanal con productores transferencistas; tres en condiciones de temporal y otro con fertirriego en sistema de invernadero en la región de Las Altas Montañas en el ciclo P-V de 2017 y uno más en el municipio de Jamapa en el ciclo O-I de 2017, de humedad residual, para garantizar el suministro de grano de alta calidad física y sanitaria, para la siembra en el ciclo O-I 2017-18. Los productores beneficiarios, fueron seleccionados por la oficina de fomento agropecuario y desarrollo rural, que siembran en la zona alta y media de la Cuenca del Papaloapan, para continuar con la transferencia de tecnología de semilla de frijol al resto de





los productores seleccionados por los ayuntamientos de Tuxtepec, Acatlán de Pérez Figueroa y Valle Nacional del estado de Oaxaca y Tierra Blanca y Tlacotalpan en el estado de Veracruz (época de siembra que se realiza cuando la humedad saturada de los suelos aluviales empieza a drenar, que puede ser de octubre a enero) y para los productores del municipio de Córdoba, que siembran en la alta montaña durante el ciclo I-P 2018 en la Cuenca hidrológica del Río Blanco. Durante el proceso de producción de semilla artesanal, los productores transferencistas y agentes de cambio participaron y recibieron capacitación en las prácticas agronómicas y beneficio de semilla.

En la tercera etapa, el grano obtenido de cada variedad se benefició por el método artesanal (PASF), para emplearse en la transferencia de tecnología de las variedades, la cual consistió en la entrega de semilla mejorada a productores, para establecer 58 hectáreas en los municipios referidos, actividad fundamental del proyecto, que se apoya con el personal de fomento agropecuario municipal, SAGARPA e Instituciones educativas sumadas al proyecto de vinculación institucional. Para fortalecer la transferencia de tecnología y de consulta para productores y técnicos, se proporcionaron dos despleables informativos publicados por el INIFAP, una para la cuenca río abajo (0 a 900 msnm) y la otra para los sitios localizados en la zona de transición climática de las cuencas río arriba (900 a 1,700 msnm).

En la cuarta etapa, se realizaron muestreos de cosecha en las parcelas de los productores usuarios y se complementó con la aplicación de entrevistas a los productores participantes. Esta actividad se realizó en forma conjunta con el personal de las direcciones de fomento agropecuario municipal e instituciones educativas participantes, al finalizar los ciclos P-V 2017 y O-I 2017/18.

Resultados y discusión

Módulos de validación y respuesta de variedades mejoradas de frijol del INIFAP

En la Cuenca Hidrológica de Río Blanco en la región de Las Grandes Montañas de Veracruz, el promedio de las variedades Negro Tropical y Negro INIFAP, fueron superiores en rendimiento en 58.9 % y 59.4 %, respectivamente, sobre el testigo regional Negro Michigan (Cuadro 1).





Cuadro 1. Rendimiento (kg/ha) de variedades mejoradas sustentables de frijol del INIFAP, en Parcelas de validación-demostración, P-V 2017. Cuenca Hidrológica Río Blanco, región Las Grandes Montañas de Veracruz.

Municipio	Negro Tropical	Negro INIFAP	Negro Michigan (Testigo)	Dif. % Negro Tropical vs Negro Michigan	Dif. % Negro INIFAP vs Negro Michigan
Rafael Delgado, Ver.	1, 250	1, 291	754	65.8	71.2
Córdoba, Ver.	1, 183	1, 150	777	52.2	48.0
Promedio	12, 16.5	1, 220.5	765.5	58.9	59.4

Se establecieron los módulos en noviembre y diciembre, en la Cuenca Río Papaloapan de Veracruz y Oaxaca, condicionados por las lluvias del ciclo de temporal 2017, y en la cuenca alta y media del Papaloapan, por el drenado de los suelos aluviales en la cuenca baja. El promedio en rendimiento de Negro Tropical y Negro INIFAP fueron superiores al testigo regional Negro Michigan (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento en kg/ha de variedades mejoradas sustentables de frijol del INIFAP, de parcelas de validación-demostración (O-I 2017/18). Cuenca Hidrológica Río Papaloapan Veracruz y Oaxaca.

Municipio	Negro Tropical	Negro INIFAP	Negro Michigan (Testigo)	Dif. /Negro Tropical Vs Negro Michigan	Dif. /Negro INIFAP Vs Negro Michigan
Tierra Blanca	1, 300	1, 333	945	37.4	41
Acatlán de Pérez Figueroa, Oax.	913	1, 114	622	46.9	79.1
Tuxtepec, Oax.	1, 500	1, 067	800	87.5	33.3
Valle Nacional, Oax.	11, 42.9	1, 360	900	27	51.1
Carlos A. Carrillo, Ver.	2, 587.8	2, 290	1, 071.9	141.4	113.7
Promedio	1, 488.8	14, 32.9	867.9	68	63.6

Eventos de difusión, promoción y capacitación de la tecnología de variedades

Se realizaron varios eventos demostrativos (seis en el estado de Veracruz y uno en Oaxaca), para transferir la respuesta productiva y tolerancia y/o resistencia a las enfermedades y manejo agronómico de las variedades de frijol INIFAP, a 283 personas de diferentes sectores público, productivo, académico, estudiantil, profesional y de los medios de comunicación (Cuadro 3).





Cuadro 3. Eventos demostrativos y tipo de asistencia realizados en los ciclos P-V 2017 y O-I 2017/18 en las Cuencas Hidrológicas del Río Blanco y Río Papaloapan en Veracruz y Oaxaca.

No. de eventos	Productores	Técnicos, académicos y funcionarios públicos	Estudiantes y medios de comunicación	Total
7	151	87	46	283

Transferencia de tecnología y ampliación de la base de usuarios de la tecnología de variedades de frijol del INIFAP

Durante la operativa del proyecto se transfirió semilla de las variedades mejoradas de frijol Negro Tropical y Negro INIFAP a 369 productores. En el ciclo P-V 2017 de temporal, e I - P 2018, de humedad residual, participaron 168 productores de la Cuenca hidrológica Río Blanco (municipios de Nogales, Maltrata, Acultzingo, Mariano Escobedo, Rafael Delgado, Río Blanco y Córdoba). En el ciclo O-I 2017/18 de humedad residual, 201 productores (municipios de Tierra Blanca y Tlacotalpan de Veracruz y Tuxtepec, Valle Nacional y Acatlán de Pérez Figueroa de Oaxaca) de la Cuenca alta y media del Papaloapan. Durante este proyecto destaca la participación de productores en la producción de semilla artesanal, actividad fundamental que permitió alcanzar y superar las metas en superficie y usuarios.

Incremento en la productividad de las unidades de producción de los productores participantes

La productividad obtenida por los productores, se registró por ciclo de producción, régimen de humedad, ambiente agroecológico y Cuenca Hidrológica. En el ciclo P-V, 2017 de temporal, en la Cuenca del Río Blanco, los productores obtuvieron un promedio de 115 kg por 1, 000 m² sembrados, ponderado a una hectárea fue de 1, 115 t, lo que significa 197% más sobre el rendimiento reportado de 376 kg/ha por el SIAP-SAGARPA para el Distrito de Desarrollo Rural 005 Fortín. En el ciclo de temporal O - I, 2017/18 de humedad residual en la Cuenca del Río Papaloapan, los productores obtuvieron un promedio de 118.0 kg por 1, 000 m²; ponderado a una hectárea fue de 1, 180 t, lo que significa 73% más sobre el rendimiento registrado de 684 kg/h, por el SIAP-SAGARPA para Cuenca del Papaloapan, que comprende el promedio de los Distritos de Desarrollo Rural Cd. Alemán de Veracruz y Tuxtepec de Oaxaca. El promedio de rendimiento de ambas Cuencas hidrológicas fue de 1, 147.5 kg/ha, 135 % más con respecto al registrado por la estadística oficial.





Contribución al abasto familiar de grano

El aumento de la productividad contribuyó a cubrir el 100% del abasto familiar de grano de frijol, considerando el consumo per cápita (13 kg anuales) de cinco miembros promedio por familia. Los excedentes de producción se comercializaron en la comunidad y familiarmente.

Capacitación de agentes de cambio

Durante los ciclos P-V 2017 de temporal y O-I 2017/18 de humedad residual, se capacitaron 18 agentes de cambio de fomento agropecuario en los municipios de Veracruz y Oaxaca, del CADER de Acultzingo del DDR 005 Fortín SAGARPA-Veracruz, y del personal docente de la Universidad Intercultural Las Grandes Montañas de Veracruz de la Universidad Veracruzana. Se proporcionó información, semilla para establecer módulos de validación-demostración, acompañamiento técnico en manejo del cultivo y para la producción artesanal de semilla.

Capacitación de productores y técnicos en la producción artesanal de semilla

Como un objetivo del proyecto se promovió el emprendimiento en producción y beneficio de semilla de semilla de frijol a nivel local con productores y agentes de cambio. El proyecto fue un entrenamiento inicial a cinco productores cooperantes y cinco agentes de cambio. Parte del grano cosechado del ciclo de temporal 2017, por productores de la región Las Grandes Montañas de Veracruz y Cuenca del Papaloapan, se utilizó en siembras del ciclo O-I 2017/18 de humedad residual en la Cuenca del Papaloapan de Veracruz y Oaxaca. El INIFAP dará acompañamiento técnico, capacitación y orientación para la formación de empresas de semilla a nivel local.

Actividades de difusión y promoción del proyecto

Para difundir las actividades productivas del proyecto en forma mediática, se realizaron tres ruedas de prensa y se participó en espacios noticiosos. Un total de 32 impactos en medios de comunicación en las ciudades de Veracruz, Córdoba y Orizaba, Tierra Blanca y Boca del Río en Veracruz y Tuxtepec, Oaxaca.





Conclusiones

1. El incremento a la productividad del frijol con siembra de variedades de INIFAP, contribuyó al abasto anual familiar de grano. 2. Con el acompañamiento técnico agronómico, se desarrolló la capacidad tecnológica y de competitividad de los productores líderes y agentes de cambio en producción de semilla artesanal.

Literatura citada

- López, S. E., F. J. Ugalde A., R. Contreras C. y A. Barradas L. 2001. Producción artesanal de semilla de frijol en Veracruz, México. *Agron. Mesoam.* 12(1):9-13.
- López, S. E., J. A. Acosta G., G. Fraire V., E. N. Becerra L., B. Villar S., J. Cumplan G. y F. J. Ugalde A. 2002. Negro Tropical, nueva variedad de frijol para el trópico húmedo de México. Folleto Técnico Núm. 32. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 11 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016. Anuarios estadísticos de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> [consultado el 17 de abril de 2017].
- Ugalde, A. F. J., E. López S., O. H. Tosquy V. y J. A. Acosta G. 2004. Producción artesanal de semilla de frijol-municipal (PASF-Municipal), método ágil de transferencia de tecnología de variedades para elevar la productividad del cultivo en Veracruz. Folleto Técnico Núm. 37. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 21 p.
- Ugalde, A. F. J., O. H. Tosquy V., E. López S., A. Morales R., E. Luna G., J. Xocua P. E, J. L. Rivera S. y A. Colohua M. 2010. Respuesta productiva de variedades de frijol en la región de Las Altas Montañas del centro de Veracruz. p. 49. *In: Memoria de la V Reunión Nacional de Innovación Agrícola Campeche 2010.* Campeche, Camp., México. Noviembre 2010.





- Ugalde, A. F. J., O. H. Tosquy V., E. López S., A. J. Acosta G., E. J Rodríguez E., J. Romero M., G. García A., E. Chávez S. y F. Carrera O. 2012. Validación de variedades de frijol negro de clima tropical y templado en Acultzingo, Veracruz, México. p. 77. *In: Memoria de la LVII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales. PCCMCA. Panamá, Panamá. Abril 2012.*
- Ugalde, A. F. J., B. Barrón S., F. Castro O., R. Nava C., E. López S. y A. Acosta G. 2013. Evaluación de variedades de frijol negro en el sureste y altiplano de Tlaxcala, México. p. 72. *In: Memoria de la 58ª Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales. PCCMCA. Tegucigalpa, Honduras.*
- Villar, S. B. y E. López S. 1993. Negro INIFAP: nueva variedad de frijol para Chiapas y regiones tropicales similares. *Rev. Fitotec. Mex.* 16(2): 208-209.





USO DE VIDEOS PARA CAPACITACIÓN EN GANADERÍA BOVINA TROPICAL

Rosa Elena Riaño Marín^{273*}, Everardo González Padilla²⁷⁴ y José Manuel Palma García²⁷⁵

Resumen

El uso de videos para la capacitación de adultos es una estrategia utilizada ampliamente en educación a distancia, y en capacitación tecnológica. El objetivo del presente estudio fue analizar la utilización de videos como estrategia de capacitación para integrantes de la Asociación Ganadera Local de Papantla (AGLP), Veracruz, México. El trabajo resulta de un proyecto de la Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO). La red, impartió cursos de actualización y capacitación para incrementar la productividad de los hatos bovinos y promover el aprovechamiento de los recursos naturales en zonas tropicales. Todas las conferencias fueron grabadas en vivo, editadas y utilizadas posteriormente, como material de capacitación. En la AGLP se ofrecieron cuatro cursos cortos mediante 15 videos, además de especialistas del área que estuvieron forma presencial, que fungieron como monitores, cuyo papel consistió en presentar el video, profundizar aspectos técnicos, guiar la sesión de preguntas y estimular la interacción. El “Curso de actualización para productores en ganadería bovina tropical” estuvo integrado por los cursos cortos: “Producción y utilización de forrajes”, “Medicina preventiva para los hatos de cría”, “Alimentación en bovinos en pastoreo”, y “Técnicas reproductivas y mejoramiento genético”. Al evento asistieron 138 ganaderos. Para la evaluación se interactuó con asistentes y especialistas monitores y se aplicaron entrevistas semi-estructuradas, cuestionarios de apreciación, así como observación participante. Los asistentes y monitores calificaron favorablemente la estrategia de capacitación con videos y apoyo de especialistas monitores. Sin embargo, 27% de los videos presentaron limitantes de audio, y los monitores señalaron que 20% de los materiales de los videos tuvieron limitantes didácticas. Se

²⁷³ Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. riamar@unam.mx

²⁷⁴ Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical.

²⁷⁵ Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario, Universidad de Colima.





concluye que el uso de videos con apoyo de especialistas fungiendo como monitores es una alternativa viable para transferir tecnología a ganaderos, haciendo importante mejorar la calidad de los videos.

Palabras clave: educación para adultos, estrategias de capacitación, transferencia de tecnología

Introducción

Como estrategia de capacitación para adultos, la utilización de video es considerada por FAO (1990) como viable, confiable y de costo reducido; sin embargo, también existen retos para producir materiales de calidad, ya que el proceso de producción requiere conocimiento, habilidades y cuidado.

El presente estudio surge de un proyecto de la Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO) cuyo objetivo fue vincular a diferentes especialistas de producción bovina, con personas relacionadas al sector en zonas tropicales. Un medio de enlace fueron las asociaciones ganaderas locales. Con el objetivo de incrementar la producción de los hatos bovinos y promover el aprovechamiento de los recursos naturales, REDGATRO en 2017 realizó cursos de capacitación en los estados de Colima, Chiapas, Tabasco y Veracruz. Los cursos incluyeron temas de medicina preventiva, técnicas reproductivas, mejoramiento genético, alimentación, forrajes para bovinos en pastoreo, y recursos naturales. Especialistas en esas áreas compartieron información que atendieron demandas de capacitación de las organizaciones de enlace (REDGATRO, 2017). Las conferencias de los cursos fueron grabadas en video, editadas por técnicos, para ser utilizadas como material de capacitación. El estudio de caso tiene por objetivo analizar la estrategia de capacitación con videos, aplicada en la Asociación Ganadera Local de Papantla, Veracruz.





Materiales y métodos

Durante el “Curso de actualización para productores en ganadería bovina tropical” realizado en la AGLP se emplearon 15 videos como material de capacitación; cada video tuvo una duración de 35 a 55 minutos. El curso fue de 16 horas, desarrollado en dos días e integrado por cuatro cursos cortos con duración de cuatro horas cada uno: “Producción y utilización de forrajes” (F), “Medicina preventiva para los hatos de cría” (MP), “Alimentación en bovinos en pastoreo” (A), y “Técnicas reproductivas y mejoramiento genético” (RyG). Cada curso corto contó con al menos un especialista monitor quienes previamente habían revisado los videos. El evento se realizó en las instalaciones de la AGLP en un espacio cerrado, con servicios adecuados, y para la exhibición se contó con una pantalla de 5 x 5.20 m, así como con equipo de proyección y audio.

Para lograr mayor entendimiento y capturar las experiencias de la asistencia y de los especialistas monitores, la investigación se abordó desde lo cuantitativo y lo cualitativo. Por ello, las herramientas de colección de información fueron entrevistas semi-estructuradas, un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas, así como observación participante. Al inicio del curso se comentó a la audiencia que la estrategia de capacitación era una propuesta que requería ser evaluada solicitándoseles que, de forma voluntaria y anónima, respondieran un cuestionario al término de cada curso. A quienes fungieron como monitores se les preguntó sobre su experiencia, así como su análisis de los videos. La observación participante fue realizada por integrantes de REDGATRO involucrados en la coordinación técnica. Se utilizó estadística descriptiva para analizar las opiniones vertidas.

Resultados y discusión

Asistentes

Se colectaron 203 cuestionarios de 138 participantes (64 F, 47 MP, 46 RyG, y 46 A), 91% fueron hombres y 9% mujeres, 58% mayores a 46 años, 53% contaban con estudios nivel licenciatura y 61% eran productores con la propiedad privada donde el sistema vaca-cría era el predominante.





Todos los encuestados coincidieron sobre la pertinencia y calidad de los temas abordados en cada uno de los cursos cortos. 98% consideró que los videos que se presentaron en cada curso: “Producción y utilización de forrajes”, “Medicina preventiva para los hatos de cría”, “Alimentación en bovinos en pastoreo”, y “Técnicas reproductivas y mejoramiento genético”, fueron acorde al tema.

Por otro lado, las opiniones vertidas sobre la calidad de los videos fueron contrastantes. Para los videos del curso Forrajes no hubo comentarios negativos; para el curso Alimentación, 12% indicaron la necesidad de mejorar la calidad del audio, asimismo para los videos de Medicina Preventiva ya que 15% tuvieron problemas con el sonido. Sin embargo, la limitante, 72% indicó que las deficiencias de los videos habían sido subsanadas por la presencia de los especialistas monitores quienes retomaban el tema y lo profundizaban.

Durante las 8 horas del curso al día, la disposición y actitud de quienes asistieron fue de amplio compromiso ya que, en el transcurso de las sesiones matutinas y vespertinas, el número de asistentes se mantuvo constante. Las y los productores mostraban interés y estaban receptivos a la información que se compartía. Para entender dicho comportamiento García (2013), refiere que cuando los grupos interesados en un proceso de comunicación comparten sistemas de referencia y de necesidades cuentan con cimientos sólidos y acoplan sus intereses mediando sus necesidades.

Cada curso tuvo tres o cinco espacios de interacción (inicio, entre videos y cierre) que fueron muy productivos ya que la asistencia realizaba preguntas, externaba dudas, compartía experiencias, solicitaba profundizar algún aspecto, provocaba cuestionamientos sobre la aplicación práctica, o se generaban polémicas. Al término de cada curso todos los especialistas monitores fueron abordados por personas para establecer contacto, solicitar información puntual, o para ampliar algún aspecto de la información presentada.

En los cuatro cursos se encontraron respuestas homogéneas de aceptación, evidenciada por seis respuestas eje: el interés en futuras participaciones, el enfoque de los temas, la valoración del contenido, el interés mostrado en el curso, el apoyo recibido por los monitores, y la recomendación que harían a otras personas para que se capaciten a través de esta estrategia. La aceptación de la función y desempeño de las y los especialistas monitores fue buena a muy buena con 99%; y, en cuanto a la recomendación de este tipo de cursos la





aprobación fue 98.5%. Con relación a si participarían en otra capacitación con videos, 94% respondió afirmativamente, y al 97.5% los cursos les parecieron buenos y muy buenos.

Especialistas monitores

Sobre su experiencia, los monitores se sintieron muy confiados por el uso de videos como materiales de capacitación impartidos por otros expertos de su área de especialidad, manifestando que la actividad les había sido muy amena por la interacción con el auditorio.

Como sugerencias para mejorar, recomendaron que, durante la edición de los videos, participe el ponente, y que involucre en el proceso de producción y cuidar que las conferencias grabadas finalicen con un resumen o cierre, e incluir ejemplos de cómo aplicar el conocimiento en las unidades ganaderas. Para el éxito de los videos como estrategia de capacitación, el comentario relevante fue mejorar la calidad en el sonido de los videos, ya que 27% de los videos utilizados tuvieron problemas de audio, principalmente los de Medicina Preventiva.

Una observación recurrente fue sobre el diseño de las presentaciones de apoyo, en su mayoría en Power Point. Se remarcó evitar diapositivas con cuadros con demasiada información porque fueron poco didácticas. Así como la necesidad de hacer coincidir la imagen del video con la exposición oral que vierte en ese momento el ponente, pues ocasionalmente se observaron desfases entre ambos.

Con relación a la duración de los videos, coincidieron en la necesidad de su estandarización, si la sesión está programada para 1 hora, ajustar el tiempo máximo a 40 min para tener más tiempo de interacción con la audiencia. También mencionaron que, aunque el salón había sido oscurecido el área no era suficientemente oscura para que los videos se apreciaran en total nitidez; fue importante también, la necesidad de disponer de un rotafolio para anotaciones.

En relación a cómo el especialista monitor pudiera ser más productivo y eficiente indicaron: realizar una introducción al tema general, al finalizar hacer un resumen, tener más tiempo para interactuar con la asistencia, permitir más preguntas y acortar las respuestas, e incrementar la motivación de los asistentes a participar.

Los cinco especialistas monitores recomendaron el uso de videos con apoyo de monitor cómo estrategia de capacitación para productores rurales.





Aprendizajes de la experiencia

Aspectos didácticos

Todas las conferencias estuvieron apoyadas con materiales elaborados en Power Point, de las cuales 20 por ciento se consideraron poco didácticas porque contenían cuadros saturados de columnas, filas, gráficas muy elaboradas, y letras muy pequeñas, demasiada información de difícil lectura, o no eran explicados apropiadamente. Para contar con un mejor apoyo didáctico, sugerir a los ponentes eliminar gráficas o cuadros con información técnica abundante, utilizar un tamaño de letra apropiado, remarcar la información clave o relevante, y optimizar el uso de la diapositiva utilizando un señalador o indicador. En algunos videos (10%), los ponentes mencionaban aspectos relevantes que en la imagen no se presentaba, o bien no se indicaba o resaltaba el punto. Esto se solucionó cuando el monitor utilizó un señalador indicando en la pantalla el aspecto que el ponente refería como relevante.

Al igual que los especialistas monitores, todos los expositores grabados en video conocían que su audiencia serían personas dedicadas a la producción ganadera o personas relacionadas al sector, lo que favoreció que las ponencias y la dinámica del curso se diseñaran para este auditorio. Se resalta que se utilizó un lenguaje apropiado y cuando se utilizaban conceptos técnicos se explicaban debidamente. Arriola (2010), indica que la comunicación educativa debe prescindir del lenguaje recargado retórico y de términos poco usuales o técnicos, pero que la fuente, en este caso el ponente en el video y el monitor, debe adoptar el código de la comunidad a la que se dirige. El mismo autor aclara que ello no significa que no se pueda introducir nuevos términos ampliando el código verbal del receptor al incorporar palabras y conceptos nuevos, lo que enriquecer su universo mental, y concluye que la palabra es el instrumento del pensamiento, y un vocabulario más rico implica la posibilidad de un pensamiento más completo.

En la AGLP un elemento positivo para la exhibición de los videos fue la instalación de una pantalla de un tamaño que permitió que los videos se proyectaran sin distorsiones; además, desde su grabación contaban con buena iluminación. Sin embargo, la ubicación del ponente durante la grabación en 30% no fue la adecuada por ello hubo distractores visuales, tales como paso de personas realizando diversas actividades, o movimiento de puertas.

Los especialistas monitores fueron muy respetuosos hacia los ponentes de los diferentes videos y frecuentemente los referían por su nombre y retomaban la información presentada.





Todos los monitores habían previamente revisado los videos de su curso; sin embargo, durante sus participaciones surgieron dudas e imprecisiones porque ninguno preparó una guía sobre los temas o conceptos abordados, pero debido a su experiencia atendieron y respondieron los cuestionamientos. Para optimizar la participación de los especialistas monitores se requiere disponer de una guía que facilite la preparación y desarrollo del curso que incluya duración del video, fortalezas, debilidades, puntos a atender y observaciones. Todos los monitores mostraron gran conocimiento en su área de especialidad y dieron pauta a profundizar o responder sobre temas abordados.

Aspectos técnicos

Cómo se ha mencionado un aspecto que tuvo un impacto negativo fue que 27% de los videos tenían problemas en la calidad del audio. Esto se dio de origen durante la grabación en vivo, ya que fueron capturados sonidos como el ruido del roce de la ropa (por la colocación del micrófono), exceso de ruidos ambientales (sillas arrastrándose, personas platicando, teléfonos, tosiendo o estornudando), o porque el ponente hablaba con voz muy baja o poco entendible. La explicación técnica fue que como los videos fueron grabados en vivo no se aislaron ruidos ambientales, ni se cuidó el nivel de nitidez de la voz de los ponentes, y por el formato de audio no fue posible eliminar dichos ruidos externos durante la edición. Como aprendizaje de lo anterior, es importante realizar grabaciones de videos *ex profeso*, de preferencia área que permitan controlar el sonido ambiental, nivel de voz y fondos; si esto no fuera posible y fuera necesario grabar en vivo, poner mayor atención en los aspectos indicados. Otra limitante fue que el formato no permitía detener el video y reanudarlo de manera ágil y sencilla, lo que limitaba que el especialista monitor tuviera flexibilidad en la dinámica del tema. También, se sugiere cuidar factores externos que pueden afectar el desarrollo del curso como ruido ambiental, exceso de luz, ubicación de puertas o desplazamiento de personas, entre otros.

Un aspecto importante fue que durante el desarrollo de todo el curso se contó con un técnico para el manejo de equipo, videos, y micrófono con quien el monitor estuvo en comunicación directa. Cuando se presentaba un problema técnico, el especialista monitor continuaba con el tema, agregando información, motivando a los participantes a preguntar y a compartir experiencias.





Conclusiones

1. Tanto la asistencia como los especialistas monitores consideraron el uso de videos con apoyo de monitor como una estrategia de capacitación viable. 2. Ambos refieren buenas experiencias, pero indican que una limitante fue la calidad de algunos videos utilizados. 3. Cuidar el proceso de grabación y edición de los videos, así como la didáctica de las presentaciones para maximizar su utilización como materiales de capacitación. 4. Finalmente, para que cumpla su función esta estrategia de capacitación, se requiere atender el proceso completo de producción de los materiales, así como su exhibición.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento a la REDGATRO.

Literatura citada

Arriola, B. J. J. 2010. Video tutorial como guía de apoyo para la creación de videos didácticos para docentes de secundaria utilizando Windows Movie Marker y Corel Videostudio 12. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Aragón. México, D.F. 81 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1990. Guidelines on communication for rural development. FAO. Roma, Italy. <http://www.fao.org/docrep/t7974e/t7974e01.htm>

García, C. J. J. 2013. Análisis del video institucional dentro de un proceso social de comunicación: estudio de caso del sistema de comunicación rural del IMTA. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México, D.F. 176 p.

REDGATRO (Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical). 2017. <http://www.REDGATRO.org.mx/#> [consultado el 6 de mayo de 2018].





ADOPCIÓN SETA (*Pleurotus ostreatus*): UNA ALTERNATIVA DE EMPLEO Y ALIMENTACIÓN EN LA HUASTECA HIDALGUENSE

Juan Carlos Martínez Beltrán^{276*}, Marco Antonio Hernández Hernández²⁷⁶, Monserrat Zamora González²⁷⁶, Virginia Hervert Velazco²⁷⁶, Leonilo Solís Campos²⁷⁶, Moisés Hernández Ramírez²⁷⁶, José de Jesús Pérez Bautista^{277*}, Agustín Yimir López Ramos²⁷⁷, Juan Miguel López Carrillo²⁷⁷, Martín Hernández Mogica²⁷⁸

Resumen

En la huasteca hidalguense el cultivo de setas es una actividad poco desarrollada, debido al desconocimiento de la producción por parte de la población rural. Además, desconocen la oportunidad de utilizar residuos agrícolas como el rastrojo de maíz para obtener un beneficio. El objetivo del presente estudio fue probar un hongo comestible de alto valor nutritivo, como una alternativa de empleo y alimentación en la huasteca hidalguense, generador de ingresos económicos que puede contribuir a la salud humana. En la Universidad Politécnica de Huejutla, se simularon las condiciones precarias que las comunidades pueden presentar, se utilizaron materiales encontrados a la mano, de bajo costo inicial. Como resultado se logró obtener una producción de 50 kg de hongo, con 10 reactivos, obteniendo una cifra de 2.5 kg en promedio. Finalmente, la producción de hongo seta por su fácil manejo e inversión mínima puede retribuir mayores beneficios en la economía familias y la alimentación.

Palabras claves: hongos, producción, nutrición, ingresos

Introducción

Podemos encontrar en la naturaleza, casi 70, 000 especies de hongos identificados como macromycetas, de las cuales se conoce un aproximado de 5, 000, que se consumen como

²⁷⁶ Universidad Politécnica de Huejutla. Estudiantes del programa Ingeniería Agroindustrial

²⁷⁷ Universidad Politécnica de Huejutla. Huejutla, Hgo., México. C. P. 43000. jperez@uphuejutla.edu.mx

²⁷⁸ Instituto Tecnológico de Huejutla. Huejutla, Hgo., México. C. P. 43000.





alimento. De acuerdo a lo anterior, esto representa el 5% de buena calidad para alimentación, el 1% con fines económicos, y menos del 1% se han posicionado como comerciales y a escala industrial en diferentes condiciones (Pire, 2001). En México, los principales productores de hongo setas se encuentran en el centro del país, los cuales son: Guanajuato con una producción de 7, 278, Querétaro 3, 360, Estado de México con 1, 844, Jalisco con 736.6, Puebla con 388, y ciudad de México con 52.27 t/año respectivamente (SIAP, 2017).

Los hongos comestibles aportan casi el doble de proteína que muchos otros productos alimenticios, como los vegetales y algunas carnes de origen animal. En la composición nutricional aportan nueve aminoácidos esenciales como la leucina y lisina, la cual está ausente en casi todos los cereales, además de altos niveles de minerales y vitaminas. Contiene 90% de agua, y 10% de materia seca que consta de 27 a 48% de proteínas, y 60% de carbohidratos, con 2 a 8% de lípidos, aún más que la carne de muchas especies de pescado (Romero *et al.*, 2002).

Sin embargo, en este contexto, el hongo (*Pleurotus ostreatus*) es conocido por su alto valor nutricional y medicinal, por ejemplo, en la disminución en la tasa de crecimiento de los tumores, disminución del colesterol en sangre, contiene antioxidantes y sustancias inmunomoduladoras benéficas para el organismo (Sánchez *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2004). Por ello, el objetivo del presente trabajo fue probar la seta (*Pleurotus ostreatus*) como una alternativa de empleo y alimentación en la huasteca hidalguense como generador recursos económicos para las familias y una fuente alimenticia con un alto valor nutrimental.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en la Universidad Politécnica de Huejutla, ubicado en la ciudad de Huejutla de Reyes del Estado de Hidalgo. Se ubica al norte en 21°15', al sur 21°02' de latitud norte, al este 98°17' y al oeste 98°37'. Se encuentra de 137 metros sobre el nivel del mar. Posee un clima cálido húmedo, y una temperatura media anual de 23°C y el tipo de vegetación es selvática media (INEGI, 1995).





Espacio de trabajo

Las actividades se llevaron a cabo en un espacio proporcionado dentro de la universidad, con una superficie de 80 m²; se realizó la limpieza y acondicionamiento del área ocupando métodos rústicos en la elaboración de material, simulando las precarias condiciones que pueden llegar a presentarse en zonas marginales de la región huasteca, para verificar la factibilidad y viabilidad. Se elaboraron 5 estantes para el almacenamiento de los reactivos de 2.5 m de alto, 7.5 m de ancho y 3 m de largo, con ramas y troncos encontrados en el entorno, limpiando y encalando para evitar infecciones.

Ya preparado el espacio de producción, se consiguió el micelio para producir el cultivo de setas, se adquirió rastrojo de maíz en una comunidad aledaña a la ciudad de Huejutla llamada Las Chacas. Se procedió a clasificar y separar el rastrojo por calidad, tamaño, grosor y removiendo las impurezas que pudieran contener, como heces de aves, piedras, tallos no aptos, y alguna otra sustancia que podría contener contaminantes. Posteriormente, se picó el rastrojo, disminuyendo su tamaño a partículas de un aproximado de 5 cm (García y Rollan, 1991).

Pasteurización

Consiste en eliminar bacterias o esporas que pudieran estar en el rastrojo, cuidando la inocuidad del producto final, e impidiendo brotes de competencia, anudando la humidificación del cultivo de hongos. El proceso se elaboró ocupando un cilindro metálico para calentar agua a una temperatura de 80°C, y una tina de plástico con agua fresca, cumpliendo los requerimientos para el golpe de calor que elimina las bacterias que pudieran estar presentes en el rastrojo (Fernández, 2004; Romero *et al.*, 2002; García, 2003).

Siembra

El método ocupado para la siembra del hongo es a través de micelio, con semillas de sorgo utilizadas como sustrato, el cual requiere ciertas condiciones de temperatura, humedad y limpieza; por lo anterior, se utilizaron batas, guantes, cofias y cubre pelo, para evitar cualquier contaminación posible. Conociendo los cuidados, se procedió a escurrir el exceso de agua en las bolsas con micelio + sustrato (sorgo), para evitar alguna pérdida de producción. En una mesa desinfectada previamente, se extendió el rastrojo procesado y se





comenzó a embolsar. El tamaño de las bolsas fue de 50 x 70 cm, colocando un pase de 5 a 10 cm de rastrojo, y la semilla al voleo sobre el rastrojo en la parte de contacto con la bolsa, dejando otra capa de rastrojo entre 5 y 10 cm para colocar la semilla, elaborando el mismo proceso hasta que alcance 50 cm de altura, terminando con una capa de rastrojo de la misma dimensión. En la actividad se elaboraron 20 bolsas o reactivos (Fernández, 2004; Romero *et al.*, 2000; García, 2003).

Incubación

Una vez elaborados los reactivos, comienza la etapa de incubación, donde el micelio empieza a crecer y alimentarse del medio de cultivo. En esta etapa es indispensable mantener las condiciones del entorno dentro de rangos establecidos, dependiendo de la especie del hongo; en nuestro caso, la variedad b2 presenta resistencia a temperaturas altas. En este proceso se estableció una temperatura entre 25 y 30°C con una humedad entre el 80 y 90%. Almacenando por 20 días para realizar el crecimiento (Fernández, 2004; Romero *et al.*, 2002; García, 2003).

Fructificación

Los reactivos se movieron con medidas de higiene a otra área donde los hongos necesitan luz solar para brotar. Durante este proceso se intentó mantener la temperatura ocupando un aspersor para humedecer el suelo y bajando la temperatura del ambiente, este proceso se hizo de dos a tres veces por día, dependiendo de la temperatura ambiental regional. Se realizaron pequeños cortes en las bolsas donde se presentaba un brote, para proporcionar el espacio para el crecimiento del hongo y su posterior extracción (Fernández, 2004; Romero *et al.*, 2000; García, 2003).

Cosecha

En esta etapa se realizó el corte de las orejas del hongo, que alcanzaron un tamaño comercial (5 a 15 cm), y lograron un color homogéneo (Fernández, 2004). Se continuó con el empaclado en el laboratorio de alimentos, donde antes fue pesado. El empaclado dependió del volumen, y se comercializó en un plato de poliestileno cubierto con película plástica





donde la presentación contaba con un peso aproximado de 250 g (Romero *et al.*, 2002; García, 2003).

Resultados y discusión

Transcurrido los procesos de producción y cosecha, se logró obtener un peso total de 50 kg producido, con un promedio de 2.5 kg por reactivo, realizando de 3 a 4 cortes, demostrando la facilidad y la calidad de producto que se puede elaborar en un corto periodo de tiempo con un producto que contiene alto contenido nutricional que puede mejorar la alimentación de las diferentes poblaciones rurales con marginación.

Conclusiones

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que el hongo (*Pleurotus ostreatus*) es una alternativa de alimentación y una fuente para obtener ingresos adicionales para las familias hidalguenses. 2. Se puede señalar igualmente, que la producción de las setas se obtiene en un tiempo muy breve, por lo cual puede ser utilizado localidades rurales de alta marginación donde se busca abonar a la seguridad alimentaria. 3. En ese sentido la Universidad Politécnica de Huejutla, realizara actividades de asistencia técnica y capacitación a través de la formación de cooperativas rurales para contribuir a la salud y economía creando empleos familiares con una inversión mínima.

Agradecimientos

A la Universidad Politécnica de Huejutla, por su apoyo del presente proyecto de investigación. A los compañeros alumnos, por su empeño y dedicación en las actividades realizadas para lograr los objetivos plateados. A los docentes, por su apoyo y atención por





las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo y al Instituto tecnológico de Huejutla por su apoyo profesional.

Literatura citada

- Fernández, M. F. 2004. Guía Práctica de producción de setas (*Pleurotus spp.*). Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jal. México. 54 p.
- García, M. 2003. Cultivo de setas y trufas. 5a ed. Edic. Mundi-Prensa. Madrid, España. 236 p.
- García, M. y M. Rollan. 1991. Cultivo de setas y trufas. 1a ed. Edic. Mundi-Prensa. Madrid, España. 256 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática). 1995. Cuaderno estadístico municipal. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/920/702825923624/702825923624_1.pdf [consultado el 20 de agosto de 2018].
- Martínez C., D., S. Morales M., P. Martínez, W. Martínez y M. Mayett Y. 2004. Los Hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales y su contribución a la alimentación mexicana. Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Puebla. Texcoco, Edo. De México, México. 48 p.
- Pire, D.V. 2001. Las asombrosas setas. <http://agronet.com.mx/cgi/articles.cgi?Action=Viewhistory&Article=1&Type=A&Datemin=2001-05-01%2000:00:00&Datemax=2001-05-31%2023:59:59> [consultado el 20 de junio del 2018].
- Romero, J., G. Rodríguez y A. Pérez. 2002. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física–Química. Facultad de Mecánica, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cuatro caminos, Ciudad de la Habana, Cuba. 155 p.
- Sánchez, C. (2004). Modern aspects of mushroom culture technology. *Applied Microbiology and Biotechnology* 64(6):756-762.
- SIAP (Sistema de información agroalimentaria y pesquera). 2017. Producción de hongos comestibles. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> [consultado el 20 de julio de 2018].





ESCUELAS DE CAMPO EN EL INIFAP. ORIGEN, DESARROLLO Y PERSPECTIVAS

Mariano Morales Guerra^{279*}, José Rafael Contreras Hinojosa²⁷⁹, Romualdo Vásquez Ortiz²⁸⁰, David H. Noriega Cantú²⁸⁰, Eillen Salinas Cruz²⁸¹ y Jesús Martínez Sánchez²⁸¹

Resumen

El uso del modelo de capacitación Escuelas de campo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) es relativamente reciente. Su aplicación se retoma en el año 2002 en el marco del proyecto Manejo Sostenible de Laderas (PMSL), coordinado por el Colegio de Postgraduados (COLPOS), con la participación de investigadores del INIFAP en el subproyecto de Capacitación y Divulgación. Como parte de la búsqueda de opciones para hacer la transferencia de la tecnología Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF) en el contexto indígena, caracterizada por productores de edad avanzada (mayores de 60 años), nula o baja escolaridad (hasta segundo de primaria), fue necesario buscar alternativas metodológicas participativas. En estas circunstancias, en el período de 2002 al 2005 se llevó a cabo el proceso de adecuación y difusión de la tecnología MIAF con 24 promotores de tres regiones indígenas; mazateca, cuicateca y Mixes. Después de este proceso, el modelo se ha aplicado en proyectos de investigación del INIFAP, en proyectos de colaboración con otras instituciones, como la FAO (Proyecto PROTIERRAS, 2018) en los estados de Oaxaca e Hidalgo, asimismo por las Agencias de Desarrollo Rural (ADR) del programa PESA en diversos estados de la República. El Modelo de Escuela de campo ha demostrado que permite mayor apropiación de la tecnología por los productores participantes, derivado de las características de que la capacitación se base en el enfoque de aprender – haciendo, las características de dominio de los idiomas originarios de los promotores, la residencia y la empatía con los productores de sus comunidades. En

²⁷⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. morales.mariano@inifap.gob.mx

²⁸⁰ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala.

²⁸¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas.





resumen, con las Escuelas de campo se ha logrado mayores grados de adopción de tecnologías.

Palabras clave: capacitación, transferencia de tecnología, indigenismo

Introducción

Teóricamente el proceso de difusión y adopción de nuevas tecnologías permitiría el desarrollo del campo mexicano, sin embargo, la realidad es otra, sobre todo en el Sur Sureste de México, donde la base operativa de este proceso, el extensionismo rural, adolece de múltiples defectos que limitan el logro de los objetivos deseados. Las limitaciones que se observan en el sistema de extensión, tiene varias facetas que le dan la configuración de un sistema ineficiente, puede señalarse los aspectos administrativos, como el inicio inoportuno del servicio en el sector gubernamental estatal y federal, atraso en el diseño del plan estratégico del servicio de extensionismo en la SAGARPA y pagos tardíos a los extensionistas, etc. Como ejemplo, se hace referencia al informe del Comité Técnico Estatal de Evaluación del Estado de Oaxaca, en la cual califica el servicio de extensión, con las variables establecidas por la FAO para los indicadores de gestión para el año 2017, de un total posible de 100 puntos, el programa de apoyo a los pequeños productores obtuvo 10 puntos. Los 10 puntos se deben al inicio oportuno del proceso de selección de los extensionistas, el resto de los indicadores fueron calificados con cero (0), dado que las actividades aun cuando se realizaron, se llevaron a cabo de forma extemporánea; entre ellos la instalación tardía del comité estatal de desarrollo rural, la inoportuna actualización del plan estratégico del programa, el tardío inicio del servicio de extensionismo con los productores, así como el pago extemporáneo de los extensionistas (CETEO, 2017).

Otro aspecto relevante que incide en la calidad del servicio de extensión, se refiere a la metodología que se utiliza y que es inducida por la entidad responsable del servicio, en este caso el INCA RURAL. El extensionismo sigue siendo un proceso lineal y unidireccional, en que el extensionista lleva la información técnica a los productores, en forma de componentes del paquete tecnológico generado por el INIFAP, con escasa o nula consideraciones a la





experiencia de los productores en el tema, con una desfocalización de las características de los productores (tipo de productores), orientación al incremento de la producción, para incursionar en el mercado, con el llamado análisis para el conocimiento del mercado meta, sin considerar si se ha logrado la autosuficiencia alimentaria. Ante el escenario descrito, es necesario la búsqueda de opciones metodológicas para contribuir a la imperiosa necesidad de lograr que la información técnica disponible y en proceso de generación llegue a los productores que lo necesitan, y es en ese sentido que el trabajo que se presenta, pretende mostrar los resultados en la aplicación de una metodología de capacitación generada en el INMIFAP, con amplias posibilidades de representar un medio para llegar a los productores mexicanos, especialmente a aquellos que viven en las comunidades indígenas marginadas del sur sureste de México.

Materiales y métodos

En el presente trabajo, se describe la información disponible sobre las escuelas de campo, considerando el período del 2002 al 2005, como parte de la operación del proyecto Manejo Sustentable de Laderas en el INIFAP, posteriormente se hace referencia a varios estudios realizados como parte de tesis doctorales, relativos al tema de las escuelas de campo, abarcando el periodo posterior al 2005, hasta el año 2015.

En el año 2017, se realizó un estudio de adopción de tecnología, a través de la aplicación de una encuesta a 15 mujeres indígenas chontales de San Lorenzo Jilotepequillo, municipio de Santa María Ecatepec, Oaxaca, donde se desarrolla el proyecto "Innovación tecnológica, organizativa y comercial. Elementos para la superación de la pobreza en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero", en la cual se aplica la metodología de capacitación escuela de campo. El grupo de trabajo integrado por mujeres, ya habían iniciado la producción de flores antes del proyecto, pero con serias deficiencias en su proceso de producción, por lo que después de un proceso de identificación de necesidades de capacitación, se diseñó un programa de capacitación basado en las escuelas de campo.

Para calcular el índice de adopción, se utilizó el método propuesto por *Damián et al.*, 2005, mismo que requiere conocer los componentes tecnológicos usados adecuadamente vs los





recomendados para obtener el porcentaje de componentes adoptados correctamente, asimismo se hace una ponderación nominal de todos los componentes tecnológicos recomendado, que finalmente se expresa en una escala de 0-100.

Para obtener la información, se diseñó un cuestionario, con base en las capacitaciones realizadas, misma que se aplicó a todas las integrantes del grupo de trabajo, y fue analizada para inferir el índice de adopción de tecnología. Respeto al apartado señalado como perspectivas del modelo de capacitación propuesto y descrito en el presente documento, la propuesta se hace en función del uso actual que se hace del modelo y de las potencialidades que se considera tiene para hacer una contribución efectiva a la misión y visión institucional.

Resultados y discusión

Para el periodo inicial 2002 al 2005, Morales y Galomo (2006), realizaron estudios para conocer algunos resultados del proyecto, ente los cuales destacan que el 60% de los productores de las comunidades de trabajo, afirmaron haber sido capacitados por los productores-promotores. Esta situación es favorable, dado que fortalece la incorporación de nuevos conocimientos a los productores, en función de la presencia de los técnicos de campo del proyecto.

El 66% de los productores de los grupos de trabajo recibieron la capacitación de los productores-promotores en su idioma local, el porcentaje alto indica que si solo el técnico hubiere realizado la sesión de capacitación habría tenido dificultades en los códigos de lenguaje.

Las ventajas que presentó el productor-promotor sobre el técnico en la fase de la capacitación en las Escuelas de campo, fueron principalmente en el dominio del idioma local (52%) y por lo mismo, en el empleo de códigos en el diálogo, ademanes o referencias semejantes a las de sus compañeros. Con la información obtenida en los trabajos de campo y el análisis del proceso realizado, se integró la adecuación metodológica del modelo inicial, basado en la información procedente de otros países (Sudamérica y Centroamérica), así como grupos de organizaciones no gubernamentales que trabajaron el modelo en los estados de Chiapas y Veracruz, principalmente. La adecuación se realizó con el trabajo con





24 promotores indígenas de tres regiones de Oaxaca; Mazateca, Cuicateca y Mixe. Con lo anterior, se documentó el “Manual de escuelas de campo para la capacitación y transferencia de tecnología” (Morales, 2007).

Posteriormente se realizaron otros estudios relativos a la adopción de la tecnología promovida (MIAF), por Orozco, *et al*, 2008, quienes refieren que existen diferencias significativas en el índice de adopción de tecnología de los participantes en las escuelas de campo, con un puntaje de 8 de conocimientos iniciales, a 70 al término del período de capacitación, en tanto que entre productores no participantes, el índice de adopción de tecnología osciló de 8.3 a 8.6, como referencia de la situación al inicio y término del proyecto. Con lo anterior, concluyeron que el conocimiento obtenido en las escuelas de campo propicia una elevada capacidad para aumentar el índice de adopción de tecnologías promovidas en las sesiones de capacitación con el método de aprender haciendo de las escuelas de campo. Gaytán *et al.*, (2008), afirman que la adopción de la tecnología promovida (MIAF) fue de 63% de los componentes motivos de las sesiones en las Escuelas de campo. Asimismo, confirmó los resultados iniciales en el sentido de que el 60% de los productores integrantes de los grupos de trabajo, divulgaron las innovaciones aprendidas de los promotores entre sus compañeros, y las ventajas de los promotores sobre los técnicos fue que siempre estaban presentes en la comunidad, cuando el productor requería de información técnica.

Por su parte, Ortíz *et al.*, (2013), al analizar la producción de jitomate en invernaderos en la sierra sur de Oaxaca, donde se capacitó a productores indígenas con el método de escuelas de campo, encontraron que los productores incrementaron de 18 a 71% el índice de adopción de innovaciones tecnológicas, considerando el dominio inicial y final de los componentes tecnológicos. Concluye que las escuelas de campo propician mayor apropiación de conocimientos y fortalecimiento de las tecnologías.

Cadena *et al.*, (2015), señalan que la implementación de las escuelas de campo teniendo como actores los productores, extensionistas e investigadores, están vinculados en un accionar coordinado y con objetivos comunes, facilitando la intervención para el proceso de tecnología. En tanto, en el reciente estudio, realizado en la comunidad de San Lorenzo Jilotepequillo, municipio de Santa María Ecatepec, Oaxaca, se encontró que el índice de adopción de tecnología promovida para la producción de flores en dicha comunidad indígena, es de 56 %, destaca la adopción en el uso de productos agroecológicos para el control de la





araña roja, así como el proceso de desinfección del suelo, uso de caldo bordelés, caldo ceniza y caldo sulfocálcico, como se puede observar en el Figura 1, y los componentes de mayor adopción se presentan en el uso de bioinsecticidas y caldo bordelés.

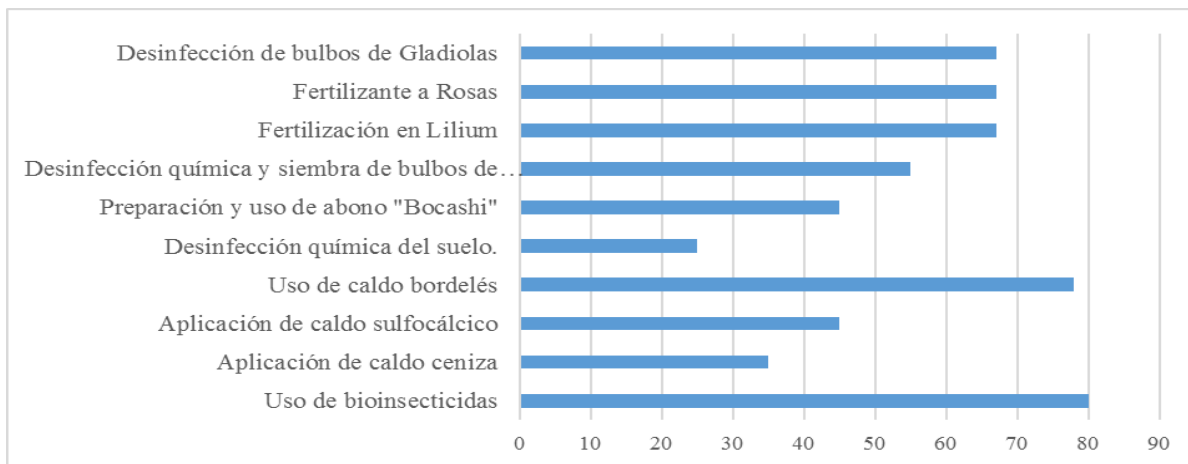


Figura 1. Índice de adopción de tecnología entre mujeres productoras de flores en San Lorenzo Jilotepequillo, Oax. 2018.

Respecto a las perspectivas del modelo de capacitación escuelas de campo, como se ha señalado, desde los estudios iniciales hasta los estudios específicos sobre adopción de tecnología, a partir de la eficiencia que el método de escuelas de campo ha demostrado para la adopción de tecnología, y considerando que en el mandato del INIFAP se señala como una actividad relevante la transferencia de la tecnología generada y validada, es del interés del grupo de trabajo, promover la institucionalización del modelo de capacitación, para su uso en la estructura del INIFAP. Este aspecto se aprecia que ya se está dando, pero en forma aislada y sin una directriz institucional, toda vez que ya es común su referencia en forma indistinta en diversos escenarios de la gestión de proyectos. Asimismo, es importante iniciar el proceso de certificación y registro de la metodología como un método de capacitación bajo la autoría del INIFAP.

Conclusiones

1. El modelo de capacitación Escuelas de campo es eficiente en la promoción de la adopción de tecnología. 2. Queda demostrado su eficiencia en el medio indígena, al permitir superar la barrera del idioma y la utilidad de la función de los promotores.





Literatura citada

- Cadena, I. P., R. Camas G., R. Rodríguez H., J. G Berdugo R., A. Sánchez A., A. Zambada, M. *et al.* 2015. Contribuciones del INIFAP el extensionismo en México y la gestión de la innovación. REMEXCA. 6(4):883-895.
- Damián H. M. A., F. López J. y B. Ramírez. 2005. Metodología para elaborar diagnósticos de apropiación de tecnología con base en tipos de productores agrícolas. Revista de Geografía Agrícola. 34:7-22.
- Ortiz, J. B., L. Jiménez S., M. Morales G., A. Quizpe L., A. Turrent F., G. Rendón S., *et al.* 2013. Nivel de adopción de tecnologías para la producción de jitomate en productores de pequeña escala en el estado de Oaxaca. REMEXCA. 4(3):447- 460.
- Orozco, C. S., L. Jiménez S., N. Chulin E., B. Valverde R., B. Peña O., A. Ramos S., *et al.* 2008. Escuelas de campo y adopción de ecotecnia agrícola. AEET 17(2):400- 407.
- Gaytán, L. J., L. Jiménez S., A. León M., O. L. Figueroa R., M. Morales G. y V. González R. 2008. Escuelas de campo, para capacitación y divulgación con tecnologías sustentables en comunidades indígenas. Agricultura Técnica en México 34(1):33-42.
- Morales, G. M y T. Galomo R. 2006. Escuelas de Campo. Experiencia de desarrollo de comunidades para la transferencia de tecnología en comunidades indígenas. Libro técnico No. 3. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Oaxaca. Oax., México.172 p.
- Morales, G. M. 2007. Manual de escuelas de campo para la capacitación y transferencia de tecnología. Libro técnico No. 10. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Oaxaca, Oax., México. 52 p.
- Morales G. M., C. A. Hernández G. y R. Vásquez O. 2015. Escuelas de Campo. Un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios. Folleto Técnico No. 48. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Oaxaca, Oax., México. 37 p.





HUERTOS FAMILIARES Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA CON LA ORGANIZACIÓN EL COPALITO, EN TLALCOZOTITLÁN, COPALILLO, GUERRERO

Romualdo Vásquez Ortiz^{282*}, David Heriberto Noriega Cantú²⁸², Mariano Morales Guerra²⁸³, Jesús Martínez Sánchez²⁸⁴, Eileen Salinas Cruz²⁸⁴ y José Rafael Contreras Hinojosa²⁸³

Resumen

Los huertos familiares es un sistema de producción a baja escala, donde se siembran varias especies de hortalizas; son cultivados por los miembros de la familia y son principalmente para el autoconsumo. Con el objetivo de contribuir a la superación de la pobreza en la localidad de Tlalcozotitlán, Copalillo, Guerrero. Se realizó un estudio con 30 familias, representado por un integrante que pertenecen a la organización “El Copalito”. El trabajo se llevó a cabo mediante la Investigación-Acción-Participativa (IAP), y conocimiento del área de estudio. El diseño y establecimiento de la parcela-escuela de hortalizas, fue mediante un manejo agroecológico; el desarrollo de capacidades se llevó a través del modelo de Escuela de campo, en el contexto de la formación de productores-promotores. Las variables de estudio fueron la relación de producción, adquisición, consumo e ingreso generado por la venta de hortalizas. Los resultados obtenidos indican que los productores siembran cinco especies, chile criollo, jitomate, chipile, quelites y cebolla mediante un manejo convencional, en una superficie aproximada de 2,500 m², obtienen un rendimiento de 1.0 kg/m², un ingreso mensual de \$ 2,438.01 por familia y \$ 81.26 diarios. Con la implementación de la parcela-escuela de hortalizas se capacitó a 45 productores y un productor-promotor con cinco innovaciones tecnológicas agroecológicas, se incrementó a 9 especies al sembrar zanahoria, rábano, cilantro, albahaca, cebolla, huanzontle, alfalfa, cempasúchil y girasol, se obtuvo un promedio de 3.0 kg/m² del cual hubo un incremento de un 200% con respecto a la línea

²⁸² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. vazquez.romualdo@inifap.gob.mx

²⁸³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales.

²⁸⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas.





base; un ingreso adicional de \$ 12.84 por día que corresponde un 13.64% en el ingreso familiar.

Palabras clave: traspatio, escuela de campo, innovación tecnológica

Introducción

Los huertos familiares (HF) son sistemas de producción a baja escala donde se pueden sembrar varias especies de hortalizas, plantas aromáticas y medicinales; son plantados y cultivados por los miembros de la familia y sus productos son principalmente para el autoconsumo. Los HF proporcionan beneficios a las familias, entre los que se encuentra una mejor nutrición, un ahorro en el gasto, ingresos adicionales y mayor bienestar social (Martínez y Sánchez, 2006). El HF provee de flores y hortalizas frescas para el abastecimiento de las comunidades durante todo el año (Red-ITAA, 2014). La FAO y otros organismos internacionales han constatado que la agricultura familiar campesina produce más del 50% de los alimentos que se consumen en el mundo (Osaba y Lorenzo, 2013). El HF es el lugar donde la familia proporciona la mayor parte de la fuerza de trabajo, un espacio que acumula la experiencia y donde tiene lugar el aprendizaje y entrega del conocimiento a la siguiente generación (Van Der Ploeg, 2013). La agroecología considera importante el empoderamiento de los miembros de la comunidad rural, instrumentalizado a través de la participación, que es clave en el funcionamiento de un modelo agroecológico (Martínez y Sánchez, 2010). Tiene como principio fundamental que los sistemas sean eficientes, sostenibles y con pertinencia cultural en una dimensión económica que se agrega a las potencialidades de la producción agroecológica campesina (Venegas, 2013). La hipótesis del trabajo es, si las familias en pobreza identifican las oportunidades para usar sustentablemente sus recursos, a través del uso de innovaciones tecnológicas, organizativas y de mercado; por lo tanto, es posible hacer aportes sustanciales al mejoramiento de la disponibilidad de alimentos y del ingreso familiar. Bajo esta perspectiva la orientación de los HF se enfocó en la producción agroecológica, que combinó el conocimiento campesino y las innovaciones ecológicas de producción, para fomentar la diversidad y cantidad de alimentos,





comparado con su situación inicial; de esta manera las familias en pobreza podrán mejorar sus condiciones de alimentación e ingreso, mediante el desarrollo de capacidades por medio de sesiones de capacitación y la formación de productores-promotores de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo y con la premisa de aprender – haciendo, de las Escuelas de campo (ECA) (Morales *et al.*, 2015).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la localidad de Tlalcozotitlán y comunidades aledañas que pertenecen al municipio de Copalillo, Guerrero. Este municipio tiene un promedio de 600 mm anuales y una temperatura de 26°C, se ubica entre los 17°52'47.13" LN y 99° 9'6.79" LO, a 580 m de altitud tiene un clima semiárido semicálido (BS1hw) (García, 1988). es uno de los más pobres y marginados del país, y se habla la lengua náhuatl. Datos de la CONEVAL (2015), indican que uno de los problemas nacionales más relevantes es la pobreza; en Copalillo, el 91% de la población se encuentra en situación de pobreza, el 58.8% de sus habitantes carece de acceso a la alimentación y 67.4% tiene un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo.

La población objetivo fueron 30 familias representado por un integrante, que pertenecen a la organización “El Copalito S.P.R. de R.L. de C.V.”. El trabajo se realizó mediante la Investigación-Acción-Participativa (IAP). La primera fase fue de acercamiento y conocimiento de la realidad estudiada mediante una evaluación *ex ante* por medio de una encuesta (línea base) y técnicas participativas mediante lluvia de ideas y observación en campo (Guzmán *et al.*, 1996); la segunda fase fue el diseño y establecimiento de la parcela-escuela de hortalizas, mediante un manejo agroecológico, el desarrollo de capacidades se llevó a través del modelo de ECA (Morales *et al.*, 2015), en el contexto de la formación de productores-promotores. Las actividades realizadas fueron: la preparación del terreno con caballos; la formación de camas altas de aproximadamente 30 cm, se incorporó un kg/m de abono orgánico tipo bocashi; se establecieron almácigos en charolas de unicel de 200 cavidades para la producción de plántulas de albahacar (*Ocimum basilicum*), lechuga (*Lactuca sativa* L.), cebolla (*Allium cepa*), huanzontle (*Chenopodium nuttalliae*), alfalfa (*Medicago sativa*),





cempasuchilt (*Tagetes erecta*) y girasol (*Helianthus annuus*). Se instaló un sistema de riego por goteo en una superficie de 260 m². Se aplicó fertirriego mezclando 5 kg de composta y 2 kg de guano de murciélago sobre una costallilla, y posteriormente se sumergió en agua para obtener el lixiviado. El cual se agregó al rotoplas; se colocaron trampas de color amarillo adherido con aceite para realizar muestreo de mosquita (*Bemisia tabaci*), trips (*Thysanoptera*), etc. Para prevenir enfermedades se realizaron aplicaciones de caldo bordelés al 1%, y para el control de plagas ½ litro de sulfocálcio y ceniza, en 15 litros de agua, asperjado (para controlar el picudo y gusanos). Se eliminó las hierbas y plantas enfermas manualmente y se utilizó un azadón para aterrar o cubrir con tierra a las cebollas (*Allium cepa*) y zanahorias (*Daucus carota*). Se establecieron barreras de cempasuchilt (*Tagetes erecta*) y girasol (*Helianthus annuus*) como cultivos trampa. Los residuos de hojas, tallos y partes de las plantas no aprovechable se utilizaron para elaborar composta. Se realizó la cosecha y estimación de rendimiento por m², se llevó un registro de peso (kg), manojo y docena, así como la venta de hortalizas y flores de acuerdo a lo recomendado por Cox (1972). Las variables de estudio fueron la producción, consumo, adquisición e ingreso generado por la venta de hortalizas por día. Una vez obtenido la información de campo se procedió a la captura en hojas de cálculo del Programa Excel y análisis de la información se realizó de forma descriptiva obteniendo frecuencias y porcentajes.

Resultados y discusión

Primera fase: información general de las familias de estudio y la unidad de producción

El 100% de los encuestados son del sexo masculino, aproximadamente el 39.3% de los productores son adultos mayores y un 7.1% son adultos en edad productiva, el 54.5% estudió algún grado o terminó la primaria y el 18.2% solo sabe leer y escribir; el 50% de los encuestados posee terreno ejidal y el resto comunal con un promedio de 4.3 y 3.2 ha por productor respectivamente y el 53.3% de los terrenos están legalizados, generablemente a nombre del jefe de familia; el 93.3% de los productores se dedica a la agricultura, un 6.6% a la ganadería y tienen actividades complementarias como jornaleros, plomeros y panaderos (Cuadro 1).





Información sobre el manejo de los huertos familiares

El productor siembra las hortalizas de acuerdo a su experiencia, los recursos con que cuenta, el precio del producto, la experiencia en la venta y las condiciones agroclimáticas de la zona. El tipo de siembra es mediante la asociación de cultivos, con un manejo tradicional y de subsistencia, siembran semillas criollas, con una superficie aproximada de 2, 500 m² por familia. Olvera *et al.*, (2017) encontraron huertos de traspatio con una dimensión similar promedio (de 2,195 m²).

Cuadro 1. Características generales de los encuestados en la organización de producción “El Copalito”.

Característica	Rango/condición	%
Edad	20-30 años	7.1
	30-40 años	7.1
	40-50 años	25.0
	50-60 años	39.3
	60-70 años	14.3
	70-80 años	7.1
Escolaridad	01-05 años	18.2
	05-10 años	54.5
	10-15 años	27.5
Tenencia de la tierra	15 ejido	50.0
	15 comunal	50.0
Estatus de la tierra	16 legalizadas	53.3
	13 no legalizadas	43.3
Actividad principal	28 agricultura	93.3
	2 ganadería	6.6

Fuente: elaboración propia de la encuesta aplicada.

Lo anterior significa que existe una semejanza entre los huertos familiares, sin embargo, va depender de la superficie que le asigne el productor y sobre todo la capacidad y posibilidad de darle un manejo adecuado. Por su parte, Méndez y Gliessman (2002), encontraron huertos con dimensiones de 0.3-0.7 ha, donde aplican componentes ecológicos con alta diversidad de especies. Cárdenas y Zuluaga (2015) encontraron en Colombia huertos con un promedio de 0.5 ha. Juan *et al.*, (2009) con superficie de 0.755 m²; y según Altieri *et al.*, (2014) en América Latina los huertos familiares son de pequeña escala con una superficie menor a dos hectáreas.





El 83% de los productores, compran los insumos en el mercado municipal para la siembra de hortalizas y la crianza de animales de traspatio, y el 10% en las tiendas de sus comunidades. De ellos, el 90% adquiere los insumos de forma individual, y 7% de manera colectiva. Los rendimientos promedio son de 1.0 kg/m², no seleccionan sus semillas, ni realizan rotación de cultivos; consideran que no es necesario el control de plagas y enfermedades, realizan fertilización química al suelo y con guano de murciélago, que extraen de una cueva en la localidad; aplican foliares con productos comerciales (bayfolan o poliquel multi). El 20% de los productores encuestados cultivan chile criollo (*Capsicum* sp), el 73%, jitomate (*Lycopersicon esculentum*) y el 7% tomate de cáscara (*Physalis* sp), chipile, quelites (*Chenopodium album* L.) y cebolla (*Allium cepa*) mediante un manejo convencional, a cielo abierto y riego rodado. Colín *et al.*, (2012) encontraron que las familias con mayor porcentaje de especies en el huerto familiar son *Asteraceae* y *Rosaceae* con 20 y 17% del total. El 80% de los encuestados indican que consumen diariamente jitomate, cuándo lo cultivan, y el 20% chile, cuándo la familia no tiene capacidad productiva y/o de compra.

El 96% de los productores venden una parte de su producto, y el 4% solo cultiva para el autoconsumo, el 26% de los encuestados lo realiza en la comunidad con sus vecinos, familiares y conocidos y el 70% lo lleva a vender en el mercado de Copalillo o mercados cercanos. Estos resultados concuerdan con Colín *et al.* (2012), quienes encontraron que la producción del huerto está orientada a la venta y en segundo término al autoabasto. Dorrego (2015), encontró que las hortalizas se destinan al autoconsumo y a la venta en distintos porcentajes, ya que suele haber excedentes. Estos resultados difieren de Juan *et al.*, (2009) pues encontraron que el 95% de las familias consume alimentos producidos en los huertos. El 7% de los productores tiene animales de traspatio (gallinas y cerdos criollos), utilizados en el autoconsumo, solo el 3% los vende para obtener liquidez económica, al fin del año escolar o fiestas patronales. La venta de las hortalizas y animales de traspatio es individual; el 20% vende directamente al consumidor, 7% a cooperativas, y el 67% con intermediarios. Dorrego (2015), encontró que el 60% de los productores acuden a mercados convencionales a vender sus hortalizas de manera individual a intermediarios y sin diferenciación de producto; pero consideran a las ferias ecológicas como punto de venta alternativo y de diferenciación de los productos, que además permiten una relación directa con los consumidores y una opción para obtener mejores precios.





Ingresos económicos por las familias encuestadas

En promedio tres personas contribuyen al ingreso familiar. El 67% de los productores se alquilan como jornaleros obteniendo ingresos promedio de \$10,135.00 anuales; sin embargo, la actividad principal es la agricultura donde 93% obtiene ingresos por un monto de \$ 17,948.93, el 10% como comerciante con \$16,666.67, el 10% por la crianza y venta de animales de traspatio con \$7,333.33, un 3% por las remesas y subsidio de programas sociales y productivas con \$10,000.00, y un 13% por otras actividades como albañil, plomería, carpintería y costura que equivale a \$ 17,880.00. Un productor tiene un ingreso mensual de \$ 2,438.01 y diario de \$ 81.26. Por su parte, Velasco *et al.*, (2016) en un estudio sobre indicadores de impacto, en la evaluación de los programas gubernamentales orientados a superar la pobreza alimentaria en localidades rurales de alta marginación en la mixteca alta oaxaqueña, encontraron que el 87% manifestó recibir apoyos de gobierno por \$11,000.00 promedio anuales, el 48% obtenían \$2,000.00 por venta de artesanías (sombreros de palma), el 31% por \$24,000.00 al realizar actividades no agropecuarias y el 28% generaba excedentes ganaderos por \$12,310.10. Los hogares con inseguridad alimentaria, donde el 31.3% realizan actividades relacionadas con la construcción y el 48.4% actividades artesanales para dar sustento a sus familias.

Segunda fase: producción agroecológica en el huerto familiar como parcela-escuela

Se probó la hipótesis y se capacitaron 45 productores, un productor-promotor con cinco innovaciones tecnológicas agroecológicas implementadas en la parcela-escuela (Cuadro 2). Todo bajo la premisa de aprender-haciendo, con la coordinación de la empresa agropecuaria INNOVAMEX. Gaytán *et al.*, (2008), mostraron que la capacitación y divulgación de la tecnología milpa intercalada en árboles frutales (MIAF), bajo el modelo de ECA incrementó el rendimiento de maíz de 0.7 a 1.2 t/ha, y generó ingresos por la venta de 2.5 t/ha de duraznos del cuarto al décimo quinto año, por venta de frutas de calidad en mercados rurales. Altieri *et al.*, (2014) consideran que la biodiversidad agroecológica es clave en el equilibrio del agroecosistema, es decir regula la incidencia por plagas, almacenamiento de agua, desintoxicación de químicos nocivos, etc.

Peredo y Paz (2002) consideran de suma importancia la iniciativa de los propios campesinos para la producción agroecológica, deben considerar el uso de los recursos locales, cultivos





múltiples, reciclaje de nutrientes, hacer del conocimiento de los productores un enfoque multifuncional en la generación del ingreso familiar. Colín *et al.*, (2012); Velasco *et al.*, (2016) es importante la interacción del suelo, agua, reciclamiento de materia orgánica y la infraestructura como subunidades fundamentales para su sostenibilidad. Cárdenas y Zuluaga (2015) consideran de suma importancia la aplicación de abonos orgánicos y las prácticas de conservación de suelos para disminuir el uso de insumos externos. Chiappe (2015) en un estudio en Uruguay con mujeres rurales encontró que un 58% de ellas declaró sentir algún malestar después de las aplicaciones aéreas con agrotóxicos, principalmente respiratorios, digestivos, neurológicos y en la vista.

Cuadro 2. Sesiones de capacitación bajo el modelo de Escuela de Campo en la parcela-escuela del huerto familiar.

Eje temático	Tema	Subtemas	Práctica	Logros
Variedad de productos	Diversidad de especies	Especies de acuerdo al tipo de uso	Clasificación de especies de acuerdo al tipo de siembra	Mayor número de especies y rendimiento en el huerto familiar
Uso eficiente del agua	Tecnificación del riego	Sistema de riego por goteo	Instalación de un sistema de riego por goteo	Un módulo con sistema de riego para uso eficiente del agua y biofertilización
Control mecánico	Conocimiento sobre control de insectos-plaga	Uso de trampas	Instalación de trampas de color amarillo adherido con aceite vegetal	Muestreo y control de plagas por medio de trampas amarillas impregnado de aceite
Producción agroecológica	Abono y biofertilizante	Composta tipo bocashi	Elaboración de composta tipo bocashi	Aplicación de composta y reducción de costos de producción
		Biofertilizante tipo biofermentador	Elaboración de biofertilizante tipo biofermentador	Aplicación de biofertilizante y reducción de costos de producción
		Guano de murciélago	Indicaciones generales sobre la manipulación del guano	Uso eficiente del guano de murciélago y su aplicación al huerto
	Caldos minerales	Caldo sulfocálcico y caldo ceniza	Elaboración de caldo sulfocálcico y caldo ceniza	Disminuyo el uso de insecticidas químicos y costos de producción
		Caldo bordelés al 1%	Elaboración de caldo bordelés al 1%	Disminuyo la incidencia de enfermedades en el huerto familiar
Cercos vivos	Cultivos trampa	Cercos vivos con flores aromáticas (alelopatía)	Incremento los cercos vivos con flores de color amarillo como cultivos trampa	
Integración familiar	Educación de valores familiares	Educación de los adultos	Conocimiento de campesino a campesino	Mayor apoyo entre padres e hijos en el huerto familiar

Fuente: elaboración propia.





Beneficios obtenidos en la parcela-escuela como huerto familiar

Con respecto a la diversidad de especies en el huerto familiar, la línea base arrojó un promedio de 5 especies establecidas, y con la implementación de la parcela-escuela se incrementó a 9, al sembrar zanahoria, rábano, cilantro, albahaca, cebolla, huanzontle, alfalfa, cempasúchil y girasol, diversificando el huerto con especies y mayor diversidad de alimentos para el consumo y la venta. Colín *et al.*, (2012), dicen que un huerto familiar debe contener especies demandadas por el mercado local y regional. Por su parte, Jiménez (2007), afirma que la diversificación es una estrategia que asegura el autoconsumo y permite a las familias insertarse en mercados para generar los recursos económicos requeridos para la satisfacción de las necesidades que la finca no les provee; para Velasco *et al.*, (2016), la asociación de cultivos y el aprovechamiento de verduras contribuye a la seguridad alimentaria. El rendimiento de 1.0 kg/m², fue superado en la parcela-escuela que en promedio subió a 3.0 kg/m², mostrando un incremento de 200% con respecto a la línea base. El ingreso económico promedio de los encuestados fue de \$ 81.26 por día y con las ventas realizadas obtuvieron un ingreso adicional de \$ 12.84 por día, del cual los productores incrementaron su ingreso económico diario a \$ 94.10; el ingreso familiar se benefició en 13.64%. Colín *et al.*, (2012) obtuvieron un 34.41% de incremento de ingresos en los huertos familiares en Coajomulco, Morelos.

Conclusiones

1. La producción diversificada y el incremento en el número de especies han incidido en el ingreso económico familiar y alimentación sana al consumir hortalizas frescas. 2. La producción agroecológica en el huerto familiar permite aprovechar al máximo los residuos para elaborar insumos y reducir la dependencia de insumos externos.





Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del proyecto “Innovación tecnológica, organizativa y comercial. Elementos para la superación de la pobreza en los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero”. Proyecto No. CONACYT: 2015-01-946.

Literatura citada

- Altieri, M, A., I. Nicholls C. y R. Montalba. 2014. El papel de la biodiversidad en la agricultura campesina en América Latina. Revista LEISA de Agroecología 30(1):5-8.
- Cárdenas, S. S. I. y G. P. Zuluaga S. 2015. Campesinas colombianas tejiendo territorio y autonomía. Revista LEISA de Agroecología 31(4):16-18.
- Colín, H., A. Hernández C. y R. Monroy. 2012. El manejo tradicional y agroecológico en un huerto familiar de México, como ejemplo de sostenibilidad. Revista Etnobiología 10(2):12-28.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2015. Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas 2014. www.coneval.gob.mx.
- Cox G. W. 1972. Laboratory manual of general Ecology. Wm. C. Brown Company Publishers. Iowa USA. 195 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Offset Larios. 217 pp.
- Chiappe, M. 2015. Voces, acciones y reacciones de las mujeres rurales ante la expansión del uso de agrotóxicos en Uruguay y sus impactos. Revista LEISA de Agroecología 31(4):27-28.
- Dorrego, C. A. 2015. Construcción de la sostenibilidad en Bolivia. Propuesta agroecológica de las mujeres. Revista LEISA de Agroecología 31(4):13-15.





- Gaytán, L. J., Jiménez S. L., León M., A. Figueroa R., O. L. Morales G. M. y R. González V. 2008. Escuelas de campo, para capacitación y divulgación con tecnologías sustentables en comunidades indígenas. *Revista Agricultura Técnica en México* 34(1):33-42
- Guzmán, G. A., Y. Pouliquen y E. Sevilla. 1996. Las metodologías participativas de investigación: un aporte al desarrollo local endógeno. *Agricultura ecológica y desarrollo rural*. p. 301-316. *In: memorias del II Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*. Pamplona-Iruña, España.
- Méndez, V, E., y S. Gliessman R. 2002. Un enfoque interdisciplinario para la investigación en agroecología y desarrollo rural en el trópico Latinoamericano. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* No. 64:5-16.
- Jiménez, W. 2007. Huertos mixtos en la economía familiar en fincas del noratlántico de Costa Rica. *Revista de Ciencias ambientales. Trop. J. Environ. Sci.* 33(1):33-39.
- Juan, P. J. I., J. G. Gutiérrez C., M. A. Balderas P. y X. Antonio N. 2009. La mujer campesina y el manejo de huertos. Una estrategia para la alimentación de las familias mexicanas. *Revista LEISA de Agroecología* 25(3):31-33.
- Osaba, J. A., y L. Lorenzo. 2013. Agricultura familiar campesina. Redescubriendo la agricultura del futuro. *Revista LEISA de Agroecología* 29(4):5.
- Olvera H. J. I. 1, N. M. Álvarez C., D. I. Guerrero R. y I. E. Aceves R. 2017. Importancia de especies vegetales en el traspatio de familias campesinas del Noreste de Puebla, México. *Revista de Agroproductividad* 20(7):21-26.
- Red-ITAA. 2014. Agricultura familiar y huertos urbanos. Secretaría General Técnica Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Revista Ambienta* 107 junio 2014.
- Martínez, S. J., M. M. Villa C. y I. Sánchez C. 2006. Producción de hortalizas en huertos familiares. *Agrofaz-Dialnet*. publicación semestral de investigación científica 6(2):285-290.
- Morales, G. M., C. Hernández G. y R. Vásquez O. 2015. Escuelas de Campo. Un modelo de capacitación y acompañamiento técnico para productores agropecuarios. Folleto técnico Núm. 48. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Oaxaca, Oax., Mexico. 37 p.





- Peredo, S. F., y C. Paz B. 2002. Desarrollo Rural Endógeno: Condiciones para una transición agroecológica desde una perspectiva de producción orgánica. *Revista CUHSO* 6(1):71-90.
- Van Der Ploeg, J. D. 2013. Diez cualidades de la agricultura familiar. *Revista LEISA de Agroecología* 29(4):6-8.
- Venegas, C. 2013. Producción agroecológica en comunidades campesinas de Chiloé y marca de certificación SIPAM: una experiencia de desarrollo territorial. *Revista LEISA de Agroecología* 29(4):27-29.
- Velasco, T. M., E. E. Perroni R. y H. Cantellano R. 2016. Indicadores de impacto para la evaluación de los programas gubernamentales orientados a superar la pobreza alimentaria en localidades rurales de alta marginación en la mixteca alta oaxaqueña. *In: 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. AMECIDER- ITM. Mérida, Yuc., México.*





DESARROLLO DE APLICACIÓN MÓVIL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PINÁCEAS DE LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ

Roberto Ruiz Castro^{285*}, Norma Leticia Hernández Chaparro²⁸⁵ y Arturo Martín Morales Rayón²⁸⁵

Resumen

En la actualidad, la sociedad en general se encuentra familiarizada con los diferentes dispositivos móviles. En México y en el mundo, el diseño de aplicaciones móviles es una de las tendencias dentro del sector del desarrollo, programación e implementación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Con la incorporación de las TIC en la educación, se ha hecho cada vez más frecuente desarrollar escenarios que apoyen los procesos de enseñanza y aprendizaje. En el presente artículo se muestran los resultados de un proyecto de diseño y desarrollo de una aplicación móvil implementada bajo la plataforma de Android para aquellas personas interesadas en el área forestal y su campo de estudio, generando una herramienta tecnológica con el propósito que la aplicación ayude a identificar las diferentes especies de pinos en la zona montañosa de la sierra de Zongolica, ubicada en la zona centro del estado de Veracruz. Android es un sistema operativo de código abierto para dispositivos móviles y su núcleo está basado en el sistema Linux. Para el desarrollo de la aplicación móvil, se utilizó la metodología del modelo en cascada, también llamado ciclo de vida clásico. La metodología está basada en el ciclo convencional de la ingeniería de software, y sugiere un enfoque sistemático, secuencial para el desarrollo de sistemas software que inicia con el establecimiento o definición de los requerimientos y continúa con las fases de análisis, diseño, codificación, pruebas y mantenimiento. También se utilizó el paradigma de la programación orientada a objetos con lenguaje Java, por medio del entorno de desarrollo integrado Android Studio como herramienta principal. Con la aplicación móvil se facilita la identificación de las especies de pinos por medio de dos principales procesos: 1) búsqueda guiada y 2) búsqueda abierta. La aplicación móvil presenta una solución

²⁸⁵ Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, ITSZ.
E-mail: roberto.ruizc@gmail.com





tecnológica la cual aportará diversos beneficios a los usuarios finales para el estudio de las especies de pinos.

Palabras Clave: ingeniería de software, paradigma orientado a objetos, java, Android Studio

Introducción

Las vertiginosas transformaciones económicas, sociales, políticas y culturales derivadas de las innovaciones tecnológicas de finales del siglo XX lograron que los sectores de alta tecnología sean los más dinámicos e intensivos en conocimiento, tales como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Los avances en el ámbito de las tecnologías están transformando la sociedad, cada día son más comunes los dispositivos móviles en las aulas de clase y están transformando la vida de los alumnos (Dede, 2005). En los últimos años en México y el mundo, la industria de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han permitido transformar de manera significativa la forma de trabajar, comunicar, socializar y también de negociar (Pacheco, 2016). La productividad de diferentes sectores ha aumentado con el uso de las TIC, se mejora los tiempos en los procesos y se optimizan los recursos. El uso de la tecnología móvil se ha incrementado de manera exponencial ya que su relación costo-beneficio ha traído buenos resultados para los usuarios finales que los operan.

Los modelos tradicionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje están dejando de ser exclusivamente estáticos y cobran movilidad con el objetivo principal de que los actuales estudiantes tengan mayores recursos a su alcance lo que les permita desarrollar nuevas habilidades para la adquisición del conocimiento en los nuevos entornos de aprendizaje (Semenov, 2005). El desarrollo de software de cómputo móvil es complejo e inútil si no se tiene un objetivo a desarrollar, un cliente interesado para la revisión del funcionamiento y un avance de la aplicación. Para evitar lo anterior, dentro del proceso de la Ingeniería de software existe una etapa llamada análisis de requerimientos la cual inicia durante la actividad de comunicación y continúa en la de modelado. Debe adaptarse a las necesidades del proceso, del proyecto, del producto y de las personas que realizan el trabajo (Pressman,





2010). En el presente trabajo de investigación se plantea el diseño y desarrollo de una aplicación móvil que identifique a especies de pinos mediante dos procesos el primero denominado búsqueda guiada y el segundo proceso búsqueda abierta. El desarrollo de esta aplicación se basa totalmente en documentación obtenida con base en la experiencia de los usuarios expertos en el manejo de especies forestales y estudios científicos de los diferentes pinos de la zona montañosa de la sierra de Zongolica ubicada en la zona centro del estado de Veracruz.

El documento se estructura de la siguiente manera: en la siguiente sección se presenta una breve introducción a la adquisición de conocimientos por medio de los dispositivos móviles y al sistema operativo Android. Posteriormente, se presenta la sección de Ingeniería de Software. Se incluye la metodología, así como los materiales y se presenta la aplicación móvil. Finalmente, se presentan las conclusiones.

Adquisición de conocimiento mediante dispositivos móviles

Con el avance tecnológico en la industria móvil están cambiando las diversas actividades sociales de todas las personas, especialmente las actividades de los jóvenes. Por lo anterior, los teléfonos inteligentes y tabletas por su portabilidad, movilidad, e interactividad, representan una oportunidad para el diseño de nuevos modelos de aprendizaje en las instituciones educativas, en las distintas áreas de conocimiento. La incorporación de un medio tecnológico distinto al pizarrón de un salón de clases puede ser un incentivo y un atractivo para el estudiante (Ellen, 2005).

El aprendizaje móvil, también llamado en inglés Mobile Learning (m-Learning) (aprendizaje en movimiento) fue empleado inicialmente por Clark Quinn haciendo referencia al término e-Learning (aprendizaje electrónico) a través de dispositivos móviles de computación (Quinn, 2000). Es importante señalar que existen diversas definiciones de m-learning, que coinciden en que intervienen principalmente los elementos de movimiento y aprendizaje utilizando dispositivos móviles. El aprendizaje móvil es un tipo de aprendizaje que tiene como característica principal el uso de teléfonos inteligentes y tabletas, para favorecer y apoyar el ámbito educativo en el proceso enseñanza-aprendizaje (Ramírez, 2008).

El m-Learning evita la ruptura que se da en el proceso cuando se finaliza una clase en un salón. Una vez que las horas de aprendizaje han finalizado, aquellos estudiantes que lo





deseen pueden continuar aprendiendo más gracias a su dispositivo móvil. Entre las principales ventajas del aprendizaje móvil se encuentran las siguientes (Semenov, 2005): a) Facilidad de uso y aprendizaje, b) Creación de comunidades de aprendizaje, c) Expansión del alcance y equidad de la educación, d) Facilita el puente entre el aprendizaje formal e informal y e) Promoción de las competencias en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Aplicaciones móviles para la enseñanza - aprendizaje en el área forestal

En México existe un gran número de diversidad de especies naturales, lo cual origina que una diversidad basta de organismos de los cuales se desconocen sus orígenes y sus propiedades. Por ello, las investigaciones en el ámbito de la biodiversidad se hacen prioritarias y con ello el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas que faciliten las tareas de los investigadores forestales. La conservación de la biodiversidad existente en el mundo se ha convertido en una preocupación global (CONABIO, 2009).

La automatización de la determinación taxonómica podría evolucionar la sistemática en una ciencia comprobable accesible para cualquier persona. En este trabajo se presenta un ejemplo concreto de una aplicación móvil capaz de identificar de manera taxonómica las especies de la familia Pinaceae conocidas en la Sierra de Zongolica, Veracruz, estas especies son de gran importancia económica para las familias dedicadas a su aprovechamiento. Mediante este programa de cómputo de aplicación móvil es posible la identificación de ocho especies conocidas para la zona montañosa de la Sierra de Zongolica; dicha aplicación móvil consta de una clave de identificación con fotografías correspondientes a las diferentes especies e incluye también un glosario ilustrado.

Sistema Operativo Android

Android es un sistema operativo de código abierto para terminales de dispositivos móviles, se programa principalmente en lenguaje Java y su núcleo está basado en Linux (Gómez, 2015). Tanto el sistema operativo Android como la plataforma de desarrollo están liberados bajo la licencia de Apache (Tomás, 2018). La primera versión oficial del sistema operativo Android (1.1) apareció en 2009. Desde entonces han aparecido versiones de Android, desde la 1.5 llamada *Cupcake* y que se basaba en el núcleo de Linux 2.6.27, hasta las versiones actuales





orientadas a tablets, teléfonos móviles y otros dispositivos, como por ejemplo aplicaciones para TV. El núcleo de Android le proporciona al sistema operativo diversos servicios como la seguridad, el manejo de la memoria, el multiproceso, la pila de protocolos y el soporte de los programas manejadores para dispositivos (Tomás, 2018). Cada versión del sistema operativo Android, tiene un nombre inspirado en la repostería, siguiendo un orden alfabético: Apple Pie, Banana Bread, Cupcake, Donut, Eclair, Froyo, Gingerbread, Honeycomb, Ice Cream Sandwich, Jelly Bean, Kit Kat, LollipopMarshmallow y Nougat (Android, 2018).

Ingeniería de Software

Un proceso de software es un conjunto de actividades y resultados asociados que producen un producto. Estas actividades son realizadas por los ingenieros de software. Existen cuatro actividades fundamentales de procesos que son comunes para todos los procesos de software (Pressman, 2010). Las actividades del proceso de software son las siguientes:

1. **Especificación del software.** Los clientes e ingenieros definen el software a producir y sobre las restricciones de su operación.
2. **Desarrollo del software.** Se diseña el software y se realiza la programación.
3. **Validación del software.** El software se válida para asegurar que es lo que el cliente requiere.
4. **Evolución del software.** El software se modifica para adaptarlo a los cambios requeridos por el cliente y el mercado.

Para este trabajo se implementó ingeniería de software para la construcción del software en cada uno de los procesos que se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Proceso de Ingeniería de software.

Fase	Actividad	Producto
Análisis de requerimientos	Análisis de requerimientos del cliente	Formato IEEE Std-830
Diseño	Modelado de la aplicación	Compendio de diagramas utilizando el lenguaje de modelado unificado
Desarrollo	Codificación bajo el lenguaje de programación Java	Módulos de la aplicación móvil
Integración y pruebas	Integración de módulos de la aplicación e implementación	Aplicación Móvil

Fuente: Elaboración propia.





Materiales y métodos

El presente proyecto se realizó durante el semestre enero-junio 2018 en el Instituto Tecnológico Superior de Zongolica (ITSZ) el cual está adscrito al Tecnológico Nacional de México, TecNM. Un modelo de procesos del software es una descripción simplificada de un proceso del software que presenta una visión de ese proceso. Estos modelos pueden incluir actividades que son parte de los procesos y productos de software y el papel de las personas involucradas en la Ingeniería de Software. (Pressman, 2010). Para este proyecto se empleó el modelo llamado ciclo de vida clásico, el cual sugiere un enfoque sistemático y secuencial para el desarrollo del software que comienza con la especificación de los requerimientos por parte del cliente y avanza a través del diseño, desarrollo, prueba y mantenimiento. La figura 1 presenta el modelo en cascada para el desarrollo del software.

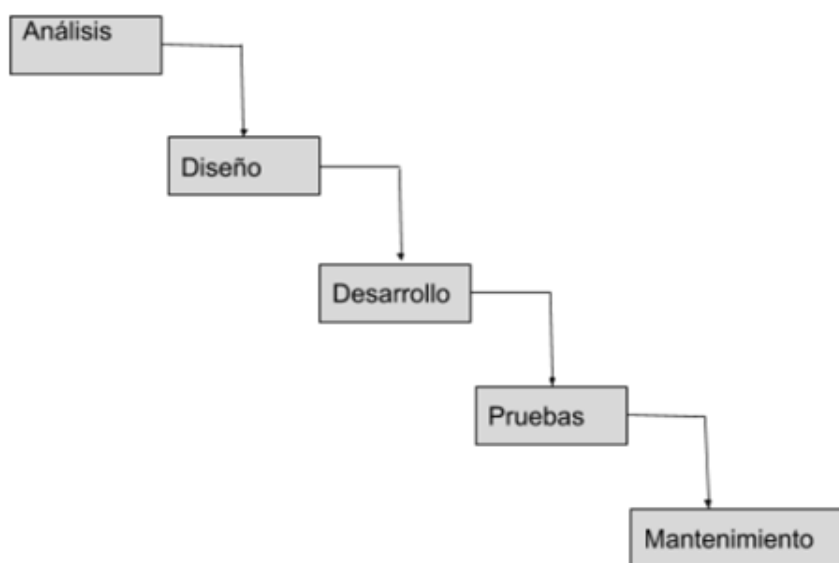


Figura 1. Modelo en cascada para el desarrollo de software.
Fuente: Pressman (2010).

El proyecto de la aplicación móvil a su vez está propuesto por el diseño instruccional que considera aspectos elementales para la presentación de los contenidos (Tobón, 2007). La aplicación móvil se desarrolló con el lenguaje de programación Java (Tomás, 2018), utilizando el paradigma de la programación orientada a objetos (Lozano, 2017). El lenguaje Java tiene las siguientes características técnicas: lenguaje orientado a objetos, robusto,



portable y multihilo. Las aplicaciones móviles para dispositivos Android están programadas en Java y se ejecutan en una máquina virtual llamada Dalvik (Lozano, 2017). Se utilizó la herramienta tecnológica Android Studio como el entorno de desarrollo integrado (IDE) para el proyecto de la aplicación móvil. Android Studio consiste del entorno de desarrollo integrado (IDE) para aplicaciones móviles, brinda todo lo que se necesita un desarrollador de sistemas para crear proyectos de aplicaciones móviles. Android Studio es la herramienta tecnológica oficial la cual puede ser descargada desde el sitio Web de desarrollo Android (Android, 2018).

Resultados y discusión

Como parte de los resultados del presente trabajo, las figuras 2 y 3 muestran algunas pantallas que se incluye en la aplicación móvil.

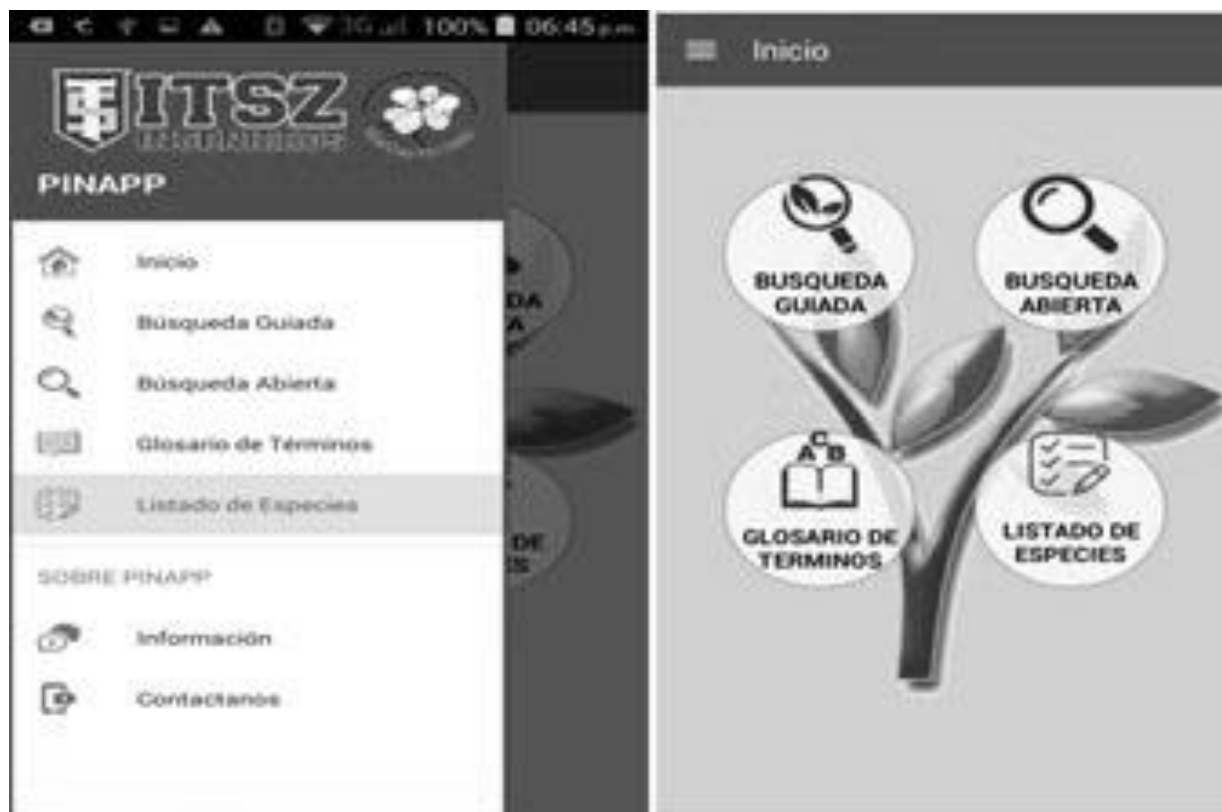


Figura 2. Pantallas que se incluyen en la aplicación móvil.

Fuente: Elaboración propia.

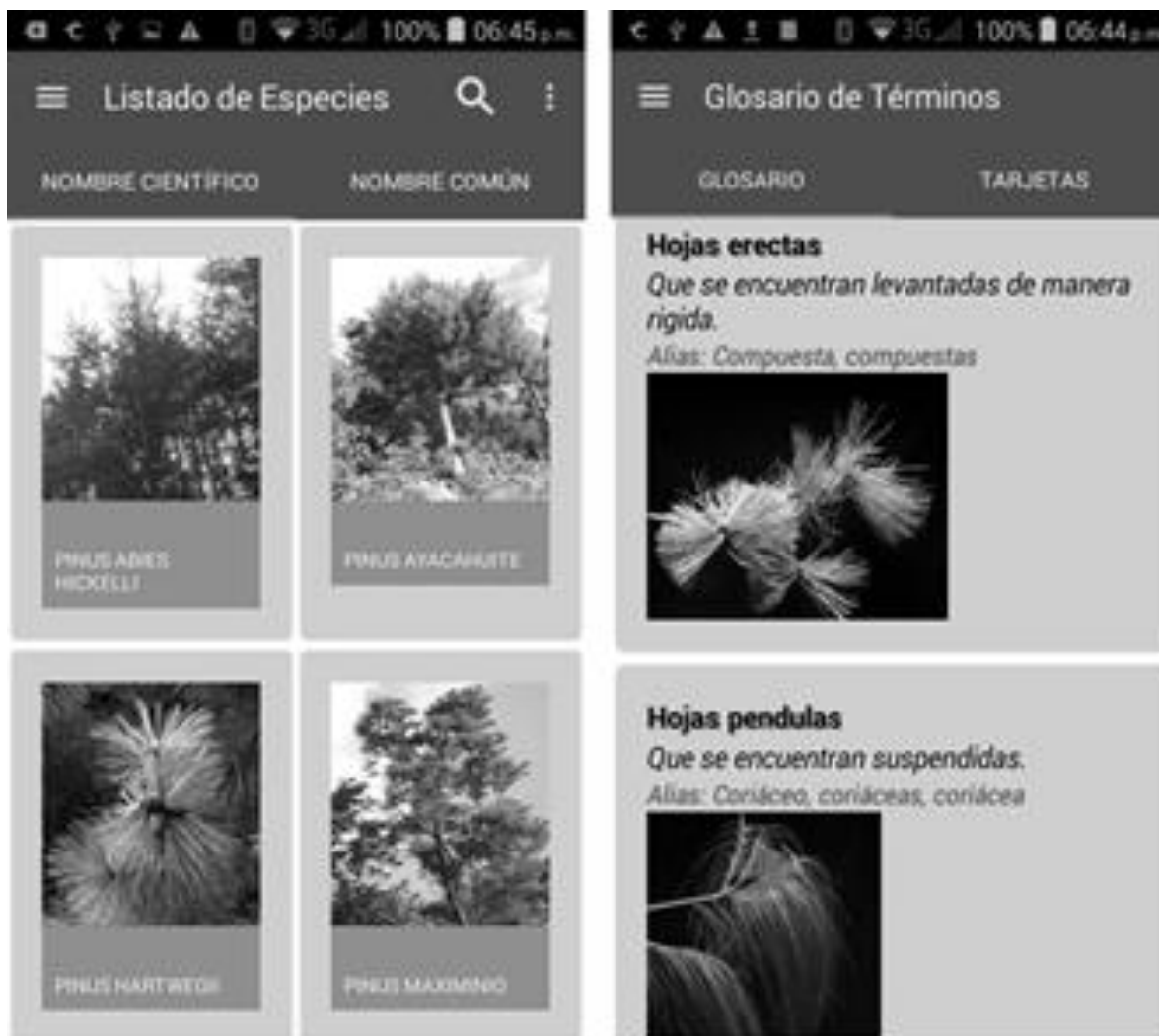


Figura 3. Pantallas de la aplicación móvil que incluyen el listado de especies y glosario de términos. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

1. Los dispositivos móviles (teléfonos celulares y tabletas) se están convirtiendo cada vez más en herramientas básicas para diversas actividades de los usuarios finales en diferentes sectores y el educativo no es la excepción. El lanzamiento de Android como plataforma para el desarrollo de aplicaciones móviles ha tenido una importante aceptación tanto por los usuarios como por la industria electrónica de fabricantes de dispositivos móviles.
2. Este trabajo consistió en el diseño y desarrollo de una



aplicación móvil, con la cual es posible la identificación de ocho especies conocidas de pinos para la zona montañosa de la Sierra de Zongolica en zona centro del estado de Veracruz. El sistema de la aplicación móvil funciona bajo la plataforma del sistema operativo Android y consta de una clave de identificación con fotografías correspondientes a las diferentes especies y también de un glosario ilustrado. Finalmente, como trabajo futuro se plantea realizar actualizaciones en la aplicación móvil que permitan georreferenciar las especies encontradas.

Agradecimientos

Los autores del trabajo agradecemos a los árbitros anónimos de la XXXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria por la revisión del documento, así como también a los directivos del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica (ITSZ) adscrito al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el apoyo recibido.

Literatura citada

- Android. 2018. Android Studio. Mountain View, CA. <https://developer.android.com/studio/> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2009. Biodiversidad Mexicana, pinos y cedros. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/pinos/pinos.html [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Dede, C. 2005. Planning for neonmillennial learning styles. *Educause Quartely*. 28(1): 7-12.
- Ellen, W. 2005. Enabling Mobile Learning. *Educase Review*. 40(3): 40-53.
- Gómez, E. 2015. Desarrollo de Software con Visual C# y Android. Alfaomega. México. 469 p.
- Lozano, M. 2017. Desarrollo de Aplicaciones Android con Java. RA-MA Editorial. Madrid. 434 p.





- Pacheco, M.L. 2016. Tecnologías de la Información y la Comunicación. Pearson. México. 160 p.
- Pressman, R. 2010. Ingeniería del Software: un enfoque práctico. 5ª. ed., McGraw-Hill. Madrid. 765 p.
- Quinn, C. 2000. M-learning: mobile, wireless in your pocket-learning. <http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Ramírez, M. 2008. Dispositivos de mobile learning para ambientes virtuales: implicaciones en el diseño y la enseñanza. Sistema de Información Científica. Apertura 8(9): 82-96.
- Tobón, L., M.I. 2007. Diseño instruccional en un entorno de aprendizaje abierto. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Maestria/MTE/disenio_de_prog_de_amb_de_apre_n/Unidad%20III/dis_instruccional_en_entorno_d_aprendi_abierto.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Tomás, J. 2018. El gran libro de Android. Alfaomega. México. 584 p.
- Semenov, A. 2005. Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza. Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001390/139028s.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES DE CAPACITACIÓN EN LA AGROCADENA DE AGUACATE COMO PARTE DEL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA

Juan Quintanar Olguin^{286*} y Raúl Ríos Sánchez²⁸⁶

Resumen

En éste trabajo se realizó un análisis de las necesidades de capacitación de extensionistas y productores agrupados en el GEIT (Grupo de Extensión e Innovación Territorial) de aguacate que forma parte del componente de extensionismo en el estado de Puebla. Los resultados muestran la necesidad de capacitación para los extensionistas en áreas socioeconómicas y administrativas, dado que la mayoría de ellos tienen una formación técnico-productiva. A nivel de productores, la principal necesidad de capacitación es para el desarrollo de habilidades productivas con base en aspectos técnicos de producción. Aun cuando existe gran número de instituciones y organizaciones que ofrecen capacitación para el sector rural, no existe una oferta de capacitación acorde con las necesidades de ambos grupos.

Palabras clave: capacitación, extensionismo, aguacate

Introducción

El concepto de extensionismo ha resultado ser un término polémico al tratar de definirlo, ya que se pueden encontrar definiciones que ponen énfasis en la función social, educacional o como transferencia de tecnología. Existen autores que definen al extensionismo, como un instrumento para fortalecer la capacidad de autoaprendizaje e innovación de las comunidades rurales hacia la competitividad y la sostenibilidad, o quienes prefieren una expresión más amplia, de apoyo técnico económico a la producción agropecuaria (Pavón,

²⁸⁶ Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP





2014). Sin embargo, el concepto de extensionismo que más se ha arraigado en el medio rural es el enfoque tradicional, educativo y formativo, que se sustenta en los principios clásicos del extensionismo en sus inicios en universidades de Estados Unidos e Inglaterra, con tres componentes: educación de adultos, transferencia tecnológica y servicios de asesoría (Percy, 1999), y que en la actualidad es la argumentación que soporta al extensionismo en varios sectores, particularmente los sectores público e internacional, el de organizaciones no gubernamentales (ONGs) y en general, el trabajo con productores de bajos recursos (Radulovich, 1999). Así, se conceptualiza al extensionismo como un proceso de intervención de carácter educativo formal e informal, de intercambio de información, conocimientos y prácticas para el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades de aprendizaje e innovación permanente de las comunidades (Grondona *et. al.*, 2012).

Si encontrar una definición de extensionismo es bastante difícil, aplicar un sistema de extensión que se adapte a las necesidades de un país lo es aún más, dado que los servicios de éste componente representan uno de los elementos esenciales de distintos programas y estrategias de desarrollo rural orientados a pequeños productores. Por eso, en años recientes en México se han realizado una serie de cambios en la aplicación del componente extensionismo. Para 2015, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) estableció el Programa Integral de Desarrollo Rural que incluía el componente de extensión e innovación productiva con objeto de: “incrementar la producción de alimentos mediante el desarrollo de capacidades y servicios profesionales de extensión e innovación rural”, cuyos servicios buscaban contribuir al desarrollo de capital humano y social con una orientación hacia la innovación productiva. En 2016 nuevamente el Gobierno Federal realizó cambios sustanciales en la estructura programática de los programas orientados al sector rural del país, donde el objetivo del componente de extensionismo fue: “apoyar a los pequeños productores de las Unidades Económicas Rurales con servicios de extensión, innovación y capacitación para incrementar la producción agroalimentaria”. Para 2017, el objetivo central del concepto extensionismo fue el “desarrollo de capacidades y asistencia técnica a pequeños productores y productoras en aspectos técnico productivos, autogestión, asociatividad productiva y promoción económica” (SAGARPA, 2016).

Con base en lo anterior, el servicio de extensionismo en México en años recientes, sigue bordeando el esquema tradicional, basado en programas de asistencia técnica, transferencia





de tecnología y desarrollo de capacidades, teniendo como base estructural a la capacitación como función principal. Así, el objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de las necesidades de capacitación de extensionistas y productores agrupados en el GEIT de aguacate y que forma parte del componente de extensionismo en el estado de Puebla, con base en la determinación de las áreas de capacitación requerida y la oferta de capacitación existente para cubrir sus necesidades.

Materiales y métodos

El proceso metodológico para determinar y analizar las necesidades de capacitación de los extensionistas y productores atendidos en el GEIT de aguacate, dentro del componente de extensionismo en el estado de Puebla durante el periodo 2015-2017 constó de los siguientes pasos:

- i) Aplicación de encuestas en el taller de inducción para los extensionistas contratados;
- ii) Revisión de los diagnósticos de línea base aplicados por los extensionistas a productores atendidos en el componente de extensionismo,
- iii) Revisión de los informes de la conformación y seguimiento de los Grupos de Extensión e Innovación,
- iv) Análisis de los planes de acción desarrollados por cada uno de los extensionistas.

Resultados y discusión

Entre las necesidades de capacitación para los extensionistas, sobresalen las carencias en las áreas socioeconómicas y administrativas, dado el predominio de una formación técnico-productiva en la mayoría de ellos (Cuadro 1). Sin embargo, para desarrollar el servicio de extensionismo, ya no debería considerarse que deben capacitarse como “todólogos”, sino más bien, sumar su conocimiento individual a un equipo multidisciplinario que atienda las necesidades y demandas de los productores a través de formar equipos de trabajo en donde ellos se conviertan en facilitadores y orientadores (Solleiro *et al.*, 2017) o facilitadores –





educadores en los procesos de aprendizaje de los productores (López y Castro, 2010), ya que de continuar con la forma de trabajo individual y de poca coordinación, se perderá la oportunidad de lograr un mayor efecto e impacto entre los productores (Ramírez *et al.*, 2016). Un requisito clave para generar un proceso formativo de los productores locales en el marco del componente de extensionismo, es que debe existir una necesidad educativa, entendida como una carencia de la comunidad o grupos de productoras y productores de determinados saberes, conocimientos y habilidades, que se requieren para resolver algún problema, ya sea social, económico, organizativo, de servicios o productivo (Oduber, S/F).

Cuadro 1. Necesidades de capacitación de los extensionistas que atendieron la cadena aguacate en el estado de Puebla.

Temas de capacitación
• Plagas y enfermedades
• Comercialización
• Desarrollo de mercados
• Administración
• Nutrición
• Métodos de transferencia de tecnología
• Manejo orgánico

Los productores aún manifiestan como una necesidad básica de capacitación el desarrollo de habilidades productivas (cuadro 2), con base en aspectos técnicos de producción, ya que asumen que el servicio de extensionismo consiste básicamente en asesoría técnica (Landini, 2015). Una vez identificadas las necesidades de capacitación, tanto de extensionistas como de productores, la parte más difícil es generar un programa de capacitación acorde con las características de ambos grupos, partiendo en que debe ser un proceso continuo de enseñanza-aprendizaje para desarrollar las habilidades y destrezas de las personas en temas que les permitan mejorar el desempeño de sus labores (Ramírez *et al.*, 2016). Sin embargo, a pesar de la existencia de diversas instituciones de enseñanza, no existe aún la formación integral para extensionistas y menos la disposición para trabajar en un equipo multidisciplinario (Solleiro *et al.*, 2017). Aun cuando pareciera existir una oferta más extensa de cursos de capacitación para los productores, estos no concuerdan con sus necesidades, por lo que es indispensable generar y fomentar un concepto de capacitación constante en las





áreas que los productores consideran indispensables para el funcionamiento y desarrollo de sus procesos de producción.

Cuadro 2. Necesidades de capacitación de los productores atendidos en las cadenas de aguacate en el estado de Puebla.

Necesidad de capacitación de productores
• Identificación de plagas y enfermedades
• Uso correcto de los plaguicidas
• Podas de formación y de fructificación
• Programa de fertilización en base a análisis de suelo

Conclusiones

Las conclusiones que pueden ser extraídas del análisis de las necesidades de capacitación por parte de los extensionistas y productores, que conforman el GEIT de aguacate en el componente de extensionismo en el estado de Puebla, son las siguientes: 1. A pesar de que, en los últimos tres años, las necesidades de capacitación por parte de los extensionistas siguen siendo las mismas, no existe un programa de capacitación exprofeso que cubra dichas necesidades. 2. A nivel de productores, la principal necesidad de capacitación es el desarrollo de habilidades productivas con base en aspectos técnicos para mejorar sus procesos de producción. Su lógica aún es de tipo productivista, entre mayor volumen produzcan mejores productores serán. 4. Aun cuando existe una oferta nutrida de capacitación para el sector rural, son muy pocos los casos donde existe congruencia con las necesidades reales de extensionistas y de productores. Se parte de la premisa de que es lo que hay y deben tomarla, aun y cuando no lo utilicen. 5. Ante los cambios anuales de personal extensionista y productores atendidos, no es factible realizar una evaluación del impacto de la capacitación realizada en el marco del componente de extensionismo, por lo que se desconoce su contribución al desarrollo rural en el estado de Puebla.





Literatura citada

- Grondona, L., Melgarejo Almada, A., Raúl Palaoro, O., Aurora Sánchez, B., Edith Scherf, M., Scribano, Vargas, M. 2012. Manual del extensionista. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Partnership Program Japan -Argentina (PPJA). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ipafnea_-_manual_extens_pisc_rural.pdf. [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Landini, F. 2015. Concepción de “extensión rural” de los extensionistas rurales argentinos que trabajan en el sistema público nacional con pequeños productores. Cuadernos de Desarrollo Rural, 12(75): 33-53.
- López A., F. y J. P. Castro I., 2010. Redimensionamiento del extensionismo agrícola como práctica educativa comunitaria ante los embates neoliberales: Bases conceptuales empezando con un diagnóstico local. Revista Científica UDO Agrícola 10 (1): 88-93.
- Oduber R., J. S/A. GUÍA DIDÁCTICA: Capacitación sobre técnicas de extensión rural para uso de extensionistas locales. Aprendiendo sobre extensión rural con extensionistas locales. CATIE. San José, Costa Rica. 102 p. <http://comercializacionaf.org/wp-content/uploads/2016/05/guia-didactica-extension-rural.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Pavón R., M. I. 2014. Extensionismo en Cuba: estudios de caso. Cultivos Tropicales, 35(1): 5-10.
- Percy R. 1999. Gender analysis and participatory rural appraisal: Assessing the current debate through an Ethiopian case study involving agricultural extension work. Int J Educ Dev. 19(6):395-408.
- Radulovich, R. 1999. Extensión Agrícola - Análisis y Propuestas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, C.R. 62 p.





- Ramírez, C. L., O. Bonilla A., D. Elizondo V., R. Mesén V., M. E. Murillo A., G. Vargas V., M. Calderón V., E. Bolaños C., H. Araya S., M. Castro H., P. Zúñiga M. y J. Cavilá E. 2016. Manual de buenas prácticas de extensión rural: caso de Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José, C.R. 100 p. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2015/09/manual-de-buenas-practicas-en-extension-rural-el-caso-de-costa-rica.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2016. Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación para el ejercicio 2017. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el viernes 29 de diciembre de 2017. México. 115 p. http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5509535 [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Solleiro, R., J. L., R. Castañón I., J. D. González C., J. Aguilar A. y N. Aguilar G. 2017. Identificación de buenas prácticas de extensionismo, transferencia de tecnología e innovación para el sector agroalimentario de México. In: Memorias de la Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica (ALTEC 2017). p:16-18. México. http://www.uam.mx/altec2017/pdfs/ALTEC_2017_paper_535.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE CAPACITACIÓN E INNOVACIONES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ EN EL COMPONENTE DE EXTENSIONISMO RURAL EN PUEBLA

Juan Quintanar Olguín^{287*} y Raúl Ríos Sánchez²⁸⁷

Resumen

El trabajo se enfocó a determinar las necesidades de capacitación, tanto de extensionistas como de productores atendidos en el Grupo de Extensión e Innovación Territorial (GEIT) de café, ubicado en seis municipios de la región orográfica de la Sierra Nororiental en el estado de Puebla. Se identificaron además las innovaciones que fueron aplicadas en el marco del componente de extensionismo. Los resultados muestran la necesidad de capacitación para extensionistas en las áreas socioeconómicas y de mejora del proceso productivo para los productores. Las innovaciones identificadas para el cultivo de café son de tipo básico y se enfocan a desarrollar capacidades para mejorar el proceso productivo. Finalmente, se presenta una propuesta de capacitación para productores a fin de mejorar sus capacidades en la producción de café.

Palabras clave: capacitación, extensionismo, innovaciones, agrocadena café

Introducción

En el estado de Puebla, el café se cultiva y se produce principalmente en la región orográfica de la Sierra Madre Oriental, en 54 municipios con 625 comunidades y aproximadamente por 46,745 cafeticultores en 67,136 hectáreas. Su producción se lleva a cabo en predios muy pequeños, con menos de 0.50 ha en promedio, con niveles tecnológicos bajos (FIRA, 2014). Las técnicas de producción utilizadas en la zona, para el cultivo de café son insuficientes para lograr el máximo de su potencial de productividad, debido en gran medida a la

²⁸⁷ Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP. E-mail: quintanar.juan@inifap.gob.mx





diversificación de variedades sembradas, a plantaciones avejentadas y con bajas densidades, al poco manejo de los cafetales, la presencia de enfermedades y a podas inadecuadas, además de que no realizan la aplicación de fertilizantes dados los altos costos que esto implica, causando así bajos rendimientos (CRUO-UACH *et al.*, 2011). La tecnología aplicada al café es tradicional, es decir, con labores culturales muy puntuales y escasas, realizadas totalmente de manera manual y con herramienta muy rudimentaria, como machete y azadón, sin aplicar fertilizante. Son cafetales viejos, con poca renovación, con entre 20 y 25 años de existencia y un promedio de 320 plantas por ha. Las plantas las adquiere el productor en viveros de la misma región.

El sistema de cosecha es totalmente manual; después de la cosecha se realiza una poda de aclaramiento y de floración. El sistema predominante de comercialización en la Sierra Norte de Puebla consiste en Desplazar el producto desde la finca hasta la población más cercana, cargándolo en la espalda o utilizando animales de carga, a la espera de encontrar compradores en el tianguis o el día de plaza semanal. (Rivadeneira y Ramírez, 2006). Una vez en el mercado en el centro urbano o rural, el productor se enfrenta con el comprador, con quien resulta imposible conseguir precios remunerativos. A partir de allí hasta llegar al consumidor el café pasa por varios procesos de beneficiado y transformación, donde se agrega valor y es apropiado por toda una red de comercializadores, industriales y exportadores (Alvarado *et al.*, 2006). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es identificar las necesidades de capacitación e innovación que se necesitan implementar en las unidades económicas productoras de café, para que se incremente su productividad como base para mejorar las condiciones de vida de los productores rurales.

Materiales y métodos

El proceso metodológico para determinar las innovaciones y las propuestas de capacitación para el cultivo de café, en el marco del proceso de extensionismo rural, constó de los siguientes pasos: i) aplicación de encuestas en el taller de inducción para los extensionistas contratados para determinar sus necesidades de capacitación; ii) revisión de los programas de trabajo propuestos por cada uno de los extensionistas que trabajaron en el GEIT de café,





iii) análisis del plan de acción para el GEIT de café, aplicado en el marco del componente de extensionismo en el estado de Puebla.

Resultados y discusión

La zona cafetalera bajo estudio se localiza en la zona de transición de dos regiones morfológicas: la porción meridional pertenece a la región Sierra Norte de Puebla y la porción central al declive de la llanura costera del Golfo. La actividad cafetalera se presenta entre los 500 y 1,400 msnm en los municipios: Olintla, Huehuetla, Caxhuacan, Zapotitlán de Méndez y Zongozotla. Entre las necesidades de capacitación para los extensionistas sobresalen sus carencias en las áreas socioeconómicas y en los procesos de mejora productiva (Cuadro 1).

Cuadro 1. Necesidades de capacitación para los extensionistas que atendieron la agrocadena de café en el estado de Puebla.

Temas de capacitación
• Organización
• Desarrollo de mercados
• Nutrición
• Métodos para control de plagas y enfermedades
• Métodos de transferencia de tecnología
• Producción de plantas
• Desarrollo de valores agregados al producto

Los productores de café requieren básicamente capacitación para el desarrollo de habilidades tecno productivo y esperan obtenerlas del personal extensionista (Cuadro 2). Los cafeticultores de la zona están dispuestos a adquirir conocimientos para mejorar su sistema de producción y superar los resultados que tradicionalmente obtienen. Consideran implementar estrategias de innovación en la cadena de café para mejorar su productividad, en categorías como nutrición, sanidad, establecimiento y manejo de la plantación, aplicando y adopción de innovaciones para el control de plagas (broca), enfermedades (roya), tecnificación de las plantaciones y siembra de plantas de alta productividad.





Cuadro 2. Necesidades de capacitación de los productores atendidos en la agrocadena de café en el estado de Puebla.

Necesidad de capacitación de productores
• Renovación sistemática de cafetales
• Control de enfermedades (roya)
• Programa de fertilización orgánica, mineral y química
• Manejo de viveros
• Podas para renovar el tejido productivo

Las innovaciones que los extensionistas identificaron y analizaron en el seno del GEIT Café, y que fueron propuestas para ser implementadas en las unidades económicas de producción de café UER (González y Zavaleta, 2016), se plasmaron en los programas de trabajo a desarrollar (Cuadro 3).

Cuadro 3. Relación de innovaciones propuestas a ser implementadas en las unidades económicas productoras de café.

Categoría	Innovaciones a implementar
Nutrición	Alternativa de fertilización química u orgánica
	Fertilización de soporte al momento de la siembra
	Fertilización en base a metas de rendimiento e interpretación de análisis de suelo
	Fertilización de fondo al momento de la plantación
Producción de planta	Introducción de variedades mejoradas resistentes a roya
	Producción de plantas en vivero
	Uso de compostas
Renovación de cafetales	Renovación por lote
	Diseño de plantación curvas de nivel
Sanidad	Control de la roya anaranjada
	Control mecánico de malezas.
	Control de enfermedades
Cosecha	Cosecha selectiva de frutos maduros
	Separación de natas y espumilla
Comercialización	Ventas en común
	Compras en común
	Uso de créditos
Manejo	Mantenimiento y regulación de sombra





Si se parte del hecho de que los problemas de los productores no pueden ser todos resueltos con innovaciones tecnológicas, el extensionista mediante el proceso de capacitación puede llevar conocimientos a los productores con el fin de ayudarles a solucionar sus problemas y mejorar su producción de café. En el cuadro 4 se listan las propuestas de capacitación que se pretende ofertar, para aquellos productores que requieran mejorar su proceso de producción en las zonas cafetaleras de Puebla.

Cuadro 4. Propuestas de capacitación para productores cafetaleros.

Propuesta de Capacitación	Capacidades a desarrollar
Establecimiento y manejo de semilleros y viveros orgánicos y convencionales	Mejorar las técnicas de germinación de semilla y manejo.
Manejo integrado de plagas y enfermedades	Identificar e implementar cada uno de los diferentes tipos de control para plagas y enfermedades en café
Manejo agroecológico de plagas y enfermedades	Identificación de parasitoides y depredadores empleados para el control de plagas y enfermedades en el cafeto
Elaboración de abonos orgánicos	Conocer y aplicar el proceso para la elaboración y uso de los diferentes abonos orgánicos tales como: composta, lombricomposta, bocashi y bioles
Buenas prácticas en el beneficio húmedo	Conocer y aplicar las buenas practicas durante el proceso del beneficio húmedo, incrementando la calidad del café pergamino
Figuras jurídicas para el sector rural	Conocer las alternativas para la conformación de figuras jurídicas aptas para el desarrollo rural

Conclusiones

1. Del análisis de las necesidades de capacitación por parte de los extensionistas y productores se puede concluir que requieren capacitación en las áreas socioeconómicas y sobre los procesos de mejora productiva para el desarrollo de habilidades tecno-productivas. El nivel de las innovaciones identificadas a implementar en las unidades económicas productoras de café fue de tipo básico, enfocadas a desarrollar capacidades para mejorar el proceso productivo, como una opción para mejorar sus condiciones de vida mediante la mejora de su producción de café.





Literatura citada

- Alvarado, M., C.; H. Juárez T. y B. Ramírez V. 2006. La comercialización de café en una comunidad indígena: Estudio en Huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai* 2(2):293-318.
- CRUO-UACH (Centro Regional Universitario Oriente – Universidad Autónoma de Chapingo), INCA RURAL (Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural), AMECAFÉ (Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café A.C.) y Sistema Producto Café. 2011. Plan de innovación de la cafecultura en el estado de Puebla. Proyecto Estratégico de Fomento Productivo. Puebla, Puebla. 105 p.
- FIRA (Fideicomisos instituidos en relación con la Agricultura). 2015. Panorama agroalimentario - Café 2015. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México: Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 39 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61949/Panorama_Agroalimentario_Caf_2015.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- González, O., B. y Y. Zavaleta G. 2016. Informe final, ejercicio 2015. Centro de Extensión e Innovación Rural Puebla. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 18 p.
- Rivadeneira, P., J. I. y B. Ramírez V. 2006. El comercio local del café a raíz de su crisis en la sierra norte de Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios* 10(18):1-14.





EL PROCESO DE EXTENSIONISMO EN EL MARCO DEL PROGRAMA NACIONAL FORESTAL

Juan Quintanar Olguin²⁸⁸

Resumen

La importancia del extensionismo radica en su capacidad de intervención para apoyar el desarrollo rural, mediante procesos de capacitación, transferencia de tecnología, asistencia técnica y gestión; con el fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes del medio rural, en un marco de sustentabilidad de los recursos naturales, mediante una participación activa de los productores y sus familias en la determinación de la problemática a resolver. En México, a nivel forestal nunca ha existido un programa formal de extensionismo, sin embargo, desde hace años atrás, se vienen realizando actividades aisladas relacionadas con extensionismo. Aún en la actualidad, no se reconoce formalmente al extensionismo forestal, en las reglas de operación del programa nacional forestal 2017, se consideran dos componentes, uno diseñado para apoyar actividades de extensionismo y otro en el que los apoyos corresponden a actividades básicas de extensionismo.

Palabras clave: extensionismo, desarrollo rural, desarrollo forestal

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

¹ Campo Experimental San Martinito. CIRGOC-INIFAP. quintanar.juan@inifap.gob.mx





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.

La definición de extensionismo forestal debe tomar como base la conceptualización de extensionismo rural que realizan autores como Aguilar *et al.*, 2010; Calivá, 2013; Cadena *et al.*, 2015; Rendón *et al.*, 2015; además de propuestas y modelos para aplicar el extensionismo forestal que señalan Navarro y Serrada, 1993; Jordán y Andrade, 1993 y AUIDI, 2014; así el concepto de extensionismo forestal debería definirse como “un *proceso sistemático* de intercambio de conocimientos, ideas, percepciones y técnicas, orientado a satisfacer las demandas de los actores, que den lugar a cambios de actitudes, prácticas, conocimientos, valores y comportamiento, generando capacidades y facilitando alternativas, para el desarrollo integral de la sociedad, bajo una perspectiva de sustentabilidad. Donde se hace hincapié tanto en el «contenido» (la tecnología y su transferencia) como en el «proceso» (creación de capacidad para resolver los problemas), en diferentes periodos de tiempo y en todas las situaciones”.

Desde un punto de vista funcional, el extensionismo forestal debe comprender todas o algunas de las siguientes funciones:

- Diagnóstico de la situación (línea base o estado actual de la situación)
- Transmisión directa o indirecta de asesoramiento, conocimiento o desarrollo de capacidades técnicas, educación y sensibilización
- Información retrospectiva y prospectiva para análisis de las reacciones y efectos en la población local
- Creación de vínculos entre los distintos tipos de organizaciones, incluidas las que se encargan de la investigación y de la provisión de insumos
- Planeación, seguimiento y evaluación





Materiales y métodos

La investigación se realizó de tipo exploratoria-descriptiva de carácter cualitativo-cuantitativo con base en la realización de una revisión y análisis de documentación secundaria y de las reglas de operación del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) 2017, así como del catálogo de paquetes tecnológicos forestales 2017, integrados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Resultados y discusión

De acuerdo a las reglas de operación del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR), no existen apoyos para desarrollar extensionismo forestal formalmente, sin embargo, el propósito fundamental del programa es “contribuir a mejorar y desarrollar las capacidades locales y regionales de las personas propietarias, poseedoras y usuarias de los terrenos forestales, preferentemente forestales o temporalmente forestales” (DOF, 2016). Al analizar éste propósito central de PRONAFOR, encontramos que se asemeja a las definiciones que existen de extensionismo, por lo que en la práctica el PRONAFOR es un programa con fundamentos implícitos de los procesos de extensionismo. Además, dos de los componentes de apoyos del programa realizan directamente actividades básicas de extensionismo: capacitación y transferencia de tecnología.

El primer componente de apoyo del PRONAFOR donde se realizan acciones básicas de extensionismo es el componente II. Gobernanza y desarrollo de capacidades, cuyo objetivo es “Desarrollar y mejorar las capacidades y habilidades de personas propietarias, poseedoras y usuarias de terrenos forestales, a fin de impulsar, fortalecer y consolidar procesos de formación y capacitación para el desarrollo forestal integral”. Todas éstas actividades son comunes a las realizadas en extensionismo, fundamentadas en la capacitación. Las actividades que se apoyan son:

- Evaluaciones rurales participativas
- Seminarios de comunidad a comunidad
- Ordenamiento territorial comunitario
- Promotor/a forestal comunitario
- Cursos y talleres de capacitación
 - Desarrollo de capacidades gerenciales





- Desarrollo de capacidades técnicas
 - Capacidades técnicas básicas
 - Capacidades técnicas especializadas
- Proyectos de fortalecimiento de las organizaciones sociales del sector forestal.
- Proyectos de alcance regional de las organizaciones sociales del sector forestal.

El otro componente de apoyo del PRONAFOR, donde se desarrollan actividades de extensionismo forestal, es el componente IV. Silvicultura, Abasto y Transformación, donde uno de los conceptos o modalidad de apoyo es la transferencia de tecnología, cuyo objetivo es “apoyar la aplicación de paquetes tecnológicos que fomentan el desarrollo por medio de actividades productivas que generan valor agregado a las materias primas forestales o que aporten herramientas para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Incluye en gran medida la transferencia de resultados y productos de proyectos de investigación”. Con base en las reglas de operación 2017, para el tema de transferencia de tecnología se realizó un concentrado de información de 22 proyectos que los dos años anteriores fueron apoyados, y que actualmente se consideran como paquetes tecnológicos (CONAFOR, 2017), aun cuando muchos de ellos no cumplen con la expectativa de ser realmente paquetes tecnológicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Temática y proyectos de transferencia de tecnología, que conforman los paquetes tecnológicos.

Tema del paquete	Proyectos relacionados con el paquete tecnológico
Carbón vegetal	<ul style="list-style-type: none">• Tecnologías para una eficiente producción de carbón de mezquite.• Paquete tecnológico integral para la producción de carbón vegetal con hornos de ladrillo rabo quente y equipo de arrime de leña.• Producción de carbón vegetal en hornos de metal.• Elaboración de carbón vegetal en horno tipo fosa a partir de leña de <i>Quercus spp.</i>• Tecnología para la producción de carbón vegetal con horno de ladrillo tipo Rabo Quente.• Tecnología para la producción de carbón vegetal con horno metálico tipo “INIFAP-CEVAG”.
Extracciones	<ul style="list-style-type: none">• Paquete tecnológico para extracción de cera de candelilla de alta calidad con ácidos orgánicos en equipos modernos.• Planta beneficiadora de orégano y adiestramiento para su uso y aprovechamiento.• Centro de transformación de materias primas forestales para la extracción de aceite esencial de Liquidámbar (<i>Liquidambar styraciflua</i>).





Continúa Cuadro 1...

Tema del paquete	Proyectos relacionados con el paquete tecnológico
Administración de industria forestal	<ul style="list-style-type: none">• Mejora de la competitividad y rentabilidad de industrias forestales.• Mejores prácticas de asierre y aplicación de software para el control en producción y administración de la industria forestal.• Técnicas de asierre y aplicación de software para el control en la producción y administración de la industria forestal.
Sistemas de planeación	<ul style="list-style-type: none">• Sistemas de Planeación Forestal para Bosques Templado (SiPlaFor).• Sistema de Planeación Forestal de Zonas Áridas (SiFoza).
Producción de no maderables	<ul style="list-style-type: none">• Producción, manejo y aprovechamiento sustentable de la palma camedor (<i>Chamaedorea quezalteca</i>) en vivero tecnificado.• Producción de micelio y fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Lentinula edodes</i> en las comunidades forestales comunitarias
Secado solar	<ul style="list-style-type: none">• Secador solar de madera• Construcción y asesoría en el secado solar de maderas.
Estufado madera	<ul style="list-style-type: none">• Mejora continua del proceso de estufado de la madera
Protección madera	<ul style="list-style-type: none">• Planta de protección de la madera por métodos de presión, vacío y el uso de sustancias hidrosolubles
Establecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Establecimiento de módulo de una farmacia viviente
Propagación	<ul style="list-style-type: none">• Tecnología para la propagación clonal de <i>Eucalyptus sp.</i> por estacas

Debido a que no existe un programa de extensionismo forestal formal, en el PRONAFOR se apoyan diversas actividades de extensionismo, ya sea capacitación o transferencia de tecnología, pero todas ellas desde la perspectiva de la "oferta" (esto es lo que existe y se puede ofrecer), desconociéndose las necesidades del sector en general y de los productores en particular (Astorga, 1993 y Quintanar y Flores, 2006). Cualquier problemática independientemente del grado, status o lugar donde se presente, deberá ajustarse a las soluciones genéricas que se ofertan (CONAFOR, 2017). Por lo tanto, se ha contrariado la filosofía actual de las intervenciones para generar desarrollo forestal mediante los procesos de extensionismo, donde la participación del productor y su familia es un pilar esencial del desarrollo (Navarro *et al*, 2014); esto es, que deben participar en su propio desarrollo a través de la "construcción" social del conocimiento, que llevará a cambios en sus actitudes, conducta y cosmovisión (Landíni, 2014), lo que implica, además, la toma de decisiones por parte del productor forestal y a su familia como un grupo activo y no pasivo.





Conclusiones

Aun cuando en México no existe un programa llamado extensionismo forestal, en el marco del Programa Nacional Forestal se apoyan actividades de extensión relacionadas con la capacitación y la transferencia de tecnología, bajo la condición de oferta sin responder a una estrategia nacional y son prácticamente desconocidas por los usuarios, convirtiéndose en esfuerzos dispersos y desarticulados, cuyos propósitos se focalizan en la productividad como meta y en el productor como simple receptor de la capacitación ofrecida o que debe adoptar la tecnología que se ofrece; todo bajo un enfoque lineal de intervención, sin tomar en cuenta la participación integrada de los diferentes actores y no reconoce las necesidades de la población y de los sistemas de producción.

Literatura citada

- Aguilar, A. J., J. R. Altamirano C. y R. Rendón M. 2010. Del Extensionismo Agrícola a las Redes de Innovación Rural. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México. 281 pp.
- Astorga, L. E. 1993. La participación como base de la extensión en proyectos forestales comunitarios. P. 33-41. *In*: Rivas A. C. (ed.). Memoria del I seminario regional: La extensión forestal, avances y perspectivas en América central. Informe técnico No. 244. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Cadena, I. P., R. Camas G., R. F. Rodríguez H., J. G. Berdugo R., A. Ayala S., A. Zambada M., M. Morales G., N. Espinoza P. y W. López B. W. 2015. Contribuciones del INIFAP al extensionismo en México y la gestión de la innovación. REMEXCA 6(4):883–895.
- Calivá, E. J. 2013. Buenas prácticas de extensión para capacitar, organizar y transferir tecnologías a los productores de café. IICA. San José, Costa Rica. 84 pp.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2017. Catálogo de paquetes tecnológicos forestales. Zapopan, Jal. 51 pp.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2016. Reglas de operación del programa nacional forestal 2017. Publicado el 28 de diciembre de 2016. Cd. de México, México.





- Jordán, K. y M. Andrade, 1993. Validación de metodologías de extensión forestal participativa en los Andes. p. 21-32. In: Rivas A. C. (Ed). Memoria del I seminario regional: La extensión forestal, avances y perspectivas en América central. Informe técnico No. 244. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Landini, F. 2014. La problemática de extensión y desarrollo rural en México desde la perspectiva de los extensionistas rurales. Reflexiones desde la psicología. Informe de resultados del proyecto de investigación "Problemas en las prácticas de extensión rural en América Latina y contribuciones potenciales de la psicología". (PICT 2012-2014, Agencia Nacional de Promoción Científica, Ministerio de Ciencia y Tecnología). Buenos Aires, Argentina. 14 pp.
- Navarro, F., E. Cejudo y J. C. Maroto. 2014. Reflexiones en torno a la participación en el desarrollo rural. ¿Reparto social o reforzamiento del poder? LEADER y PROCEDER en el sur de España. EURE 40(121):203-224.
- Navarro, C., R. M. y R. Serrada H. 1993. Modelo conceptual de un sistema de extensión forestal. La extensión forestal: un nuevo camino para la gestión de montes. p. 519-522 *In: Memorias Congreso forestal español. Tomo IV. Madrid, España.*
- Quintanar, O. J. y R. Flores V. 2006. El modelo de agrocadenas como base para la innovación tecnológica. *In: Memorias de la 1ra. Reunión nacional de innovación agrícola y forestal. Mérida, Yuc.*
- Rendón, M. R., E. Roldán S., B. Hernández H. y P. Cadena Í. 2015. Los procesos de extensión rural en México. REMEXCA 6(1):151-161.
- AUIDI. 2014. Nuevo modelo para un sistema de extensión y transferencia tecnológica en el sector silvoagropecuario chileno. Subsecretaría de Agricultura. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 45 p.





TRANSFERENCIA, MODELO DE PRODUCCIÓN PARA MEJORAR AGRICULTURA DE TEMPORAL EN GUANAJUATO, MÉXICO

José Alfonso Aguirre G.^{289*}

Resumen

En México durante la última década se han presentado tasas decrecientes en la productividad de los principales cultivos. Las causas de tal problemática se atribuyen a factores ambientales adversos, deterioro de suelos agrícolas y recursos naturales provocado principalmente por el uso de prácticas agrícolas convencionales, laboreo intensivo, aplicación de agroquímicos contaminantes, uso de monocultivo y baja o nula reintegración de materia orgánica al suelo. Es tiempo de analizar y considerar cambios en los sistemas de producción existentes en nuestro país, de tal forma que se pondere tanto la conservación de nuestros recursos naturales (suelo, agua y diversidad de especies) como la productividad de los cultivos. Con base en esto, el objetivo es promover innovaciones tecnológicas como alternativa para mejorar la productividad y rentabilidad de la agricultura de temporal con base en un modelo sustentable que además considera la conservación y uso racional de los recursos naturales. El modelo metodológicamente consiste en el entendimiento y manejo de componentes tecnológicos adecuados para agricultura de temporal. Mediante sesiones de capacitación (teórica y práctica) se explica el proceso de interés, de tal forma que motive al productor a experimentar en su parcela sobre algún cambio que considere pertinente, hasta llegar a fase de explicar y concluir sobre las diferencias en los tratamientos evaluados; con esto se promueve el desarrollo de capacidades en pequeños productores basado en auto apropiación de conceptos, principios y procesos. Se concluye que la experimentación campesina proporciona a los productores un método de aprendizaje y obtención de conocimientos por sí mismo, aparte de buscar explicaciones propias a los fenómenos naturales que se presentan en los procesos productivos de su comunidad y región además

²⁸⁹ Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; Campo experimental Bajío en Celaya, Guanajuato. Email: aguirre.alfonso@inifap.gob.mx ; j.alfonsoaguirreg@gmail.com





con la implementación del modelo, se incrementa la productividad de los cultivos y se reducen costos de producción al reducir actividades de labranza, compra de insumos y semillas, e incidir en generar un cambio de actitud respecto a la forma de realizar su proceso de producción, y hacer un uso racional de los recursos suelo, agua y diversidad de especies.

Palabras clave: transferencia tecnología, experimentación campesina, agricultura temporal

Introducción

Actualmente el sector rural de nuestro país enfrenta una fuerte problemática social, debido a que la agricultura de pequeños productores (agricultura de temporal) ha dejado de ser una alternativa viable para la mayoría de las familias campesinas que se ubican en estas condiciones de producción. Algunos indicativos de esta problemática son: Baja productividad, alto costo de insumos, bajo precio en la cosecha, alta siniestralidad, migración y degradación de sus recursos naturales. Preocupados por esta problemática, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través de investigadores, se enfocó en diseñar y desarrollar tecnologías que ayuden a resolver dicha problemática, considerando que lo más importante para este tipo de agricultor, es reducir los costos de producción e incrementar el rendimiento por unidad de superficie. De esta forma se promueve un modelo de agricultura atractiva para este estrato de productores. Este enfoque no está centrado en la productividad, sino en la sostenibilidad de los recursos naturales, razón por la cual se promueve un sistema de labranza adecuado a las condiciones de temporal y que incluya el darse cuenta del efecto causado a través de la labranza convencional, tratando de realizar acciones para revertir dicho proceso. El aspecto nutrición se enfoca a la utilización de materiales locales disponibles en el sistema (estiércoles, rastrojos, pastos, malezas etc.) con la finalidad de conocer sus ventajas y manejo para mantener la fertilidad del suelo. En cuanto a la semilla, es necesario que el productor conozca los conceptos básicos sobre genética y reproducción del maíz, para que a través de la selección pueda manipular y definir las características que desea mantener en sus poblaciones de maíz. Esta forma de producción considera a los organismos biológicos que





interactúan con el cultivo (plagas, hongos, virus etc.) como elementos del agro ecosistema, razón por lo cual se busca la coexistencia con ellos en lugar de controlarlos o erradicarlos. Es necesario crear en el pequeño productor una mentalidad ecológica que promueva diversidad, contraria a la eliminación o pérdida de organismos biológicos. Finalmente se aborda el componente almacenamiento para evitar tener pérdidas post cosecha en sus productos. El principal beneficio para el pequeño productor, es contar con una forma alternativa de producción que no dependa de la incorporación de energía externa en el sistema. Aunado a esto, la utilización y transformación de materiales locales en el proceso de producción redundará en ahorro considerable en los costos para la producción de sus cultivos. Lo más importante es desarrollar la capacidad innovadora de los pequeños productores en el aprovechamiento de sus recursos naturales locales (suelo, mantos freáticos, diversidad de especies, bosques), con lo cual se reducen costos para la producción y se incrementa la productividad por superficie.

Materiales y métodos

La Figura 1 muestra el modelo de agricultura sustentable (AS) a nivel región. El modelo consta de tres partes, una conformada por la biodiversidad local, que al tener un mayor número de especies puede manejar policultivos como estrategia para contra restar el efecto nocivo de plagas y enfermedades, lo que se atribuye al equilibrio alcanzado en las diversas poblaciones vegetales y animales, y aun cuando estén presentes diversos organismos dañinos, no ocasionan problemas graves. Si una región hace uso de la biodiversidad disponible, es una biodiversidad que se conserva como seguro para futuras eventualidades ambientales (Aguirre, 1999; Aguirre *et al*, 2010, 2012).

La segunda parte del modelo se relaciona con el uso racional de los recursos naturales (suelo y agua) en la Figura 1, se expresa como manejo sustentable del suelo (MSS), el cual, al ser bien manejado, produce un efecto positivo en el manejo sustentable del agua (MSA), al mejorar la capacidad de retención de humedad por efecto de la materia orgánica presente en el suelo. Para esto es básico el uso de prácticas y conocimiento tradicional, además de algunas ecotecnias que contribuyan a evitar el deterioro de los recursos naturales y la





recuperación de los mismos, de esta manera se busca que el agro ecosistema sea sostenible a mediano plazo (Aguilar, 2005). La parte faltante del modelo, corresponde a la relación con organismos biológicos que interactúan con nuestros cultivos, en la Figura 1 se muestra como manejo ecológico de plagas (MEP), el cual considera el uso de medidas preventivas y manejo del ambiente en lugar de medidas correctivas o curativas, de esta manera se deja actuar a los enemigos naturales. Para la protección de los cultivos se busca un equilibrio entre los diferentes elementos que permita el desarrollo del agro ecosistema lo más parecido a las condiciones naturales. El equilibrio de los diversos elementos del agro ecosistema ayuda a mantener niveles bajos de la población plaga (Pérez, 2000). La conjugación de estos tres elementos en una región conlleva a la realización de una agricultura sustentable, basada en el aprovechamiento óptimo de la energía recibida y con el manejo racional de sus factores bióticos y abióticos se promueve el equilibrio y coexistencia entre los cultivos, organismos biológicos y el hombre.

Nuestro trabajo de investigación participativa se coordinó con productores de los polos de desarrollo 4 y 8 pertenecientes a la microrregión de Ixtla en el municipio de Apaseo el Grande. Este grupo se conforma de 8 comunidades y un total de 1200 familias ubicadas en sitios con marginalidad 4 y 5 por las condiciones socioeconómicas que presentan y por ser las comunidades más alejadas, con menos infraestructura para la producción y con menos servicios y apoyo del municipio (Zárate, 2005; INEGI, 2000). El proceso de capacitación anual con los productores engloba: a) Sesiones teórico – prácticas sobre temas relacionados a los cinco componentes tecnológicos mencionados. La capacitación consiste en verter los conceptos teóricos hasta lograr el entendimiento de los productores, se discuten puntos de vista y se obtienen conclusiones entendibles a todos los presentes. b) Experimentación campesina. Cada año los productores participantes, comparan en sus parcelas diversos tratamientos para entender y manejar los componentes tecnológicos. c) Giras de intercambio tecnológico: La capacitación se complementa con el intercambio de experiencias entre productores de otras comunidades y región sobre aspectos relacionados con la sustentabilidad en la agricultura. El intercambio de experiencias se promueve con productores sobresalientes, investigadores en campos experimentales, centros de capacitación de productores e industrias rurales que aporten enseñanzas y aprendizaje a los productores participantes (educación no formal de productores).



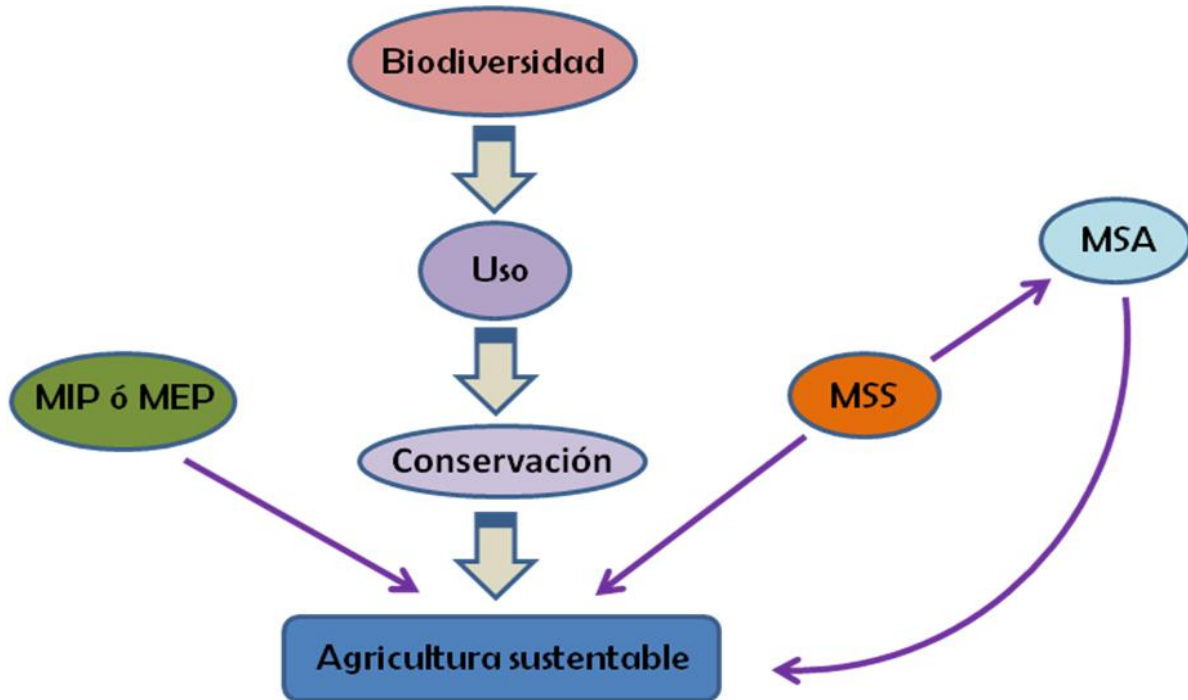


Figura 1. Relación entre elementos básicos para una agricultura sustentable

Resultados y discusión

En nuestro modelo de trabajo (Figura 1), la productividad se considera al mismo nivel que la conservación de los recursos naturales, la fase de estabilizar la producción considera el tiempo para que el sistema recupere sus propiedades físicas, químicas y el restablecimiento de sus condiciones nutrimentales, de tal forma que el incremento en rendimiento se da por consecuencia en la siguiente etapa, sin necesidad de recurrir a fuentes de energía externa (Aguirre *et al.*, 2012). El modelo de AS se propone a nivel región, tratando de abarcar el área comprendida de un Distrito de Desarrollo Rural (DDR), por presentar condiciones socioeconómicas y agroecológicas similares. De 2010 a la fecha, se han presentado propuestas de proyectos a diferente nivel del estado de Guanajuato. En ninguno de los casos han sido aceptadas dichas propuestas, por ser estas diferentes, por falta de entendimiento en los objetivos planteados y porque en el ámbito regional se requiere la aprobación y asignación de recursos de 8 presidencias municipales, lo cual dificulta su aceptación.





A nivel de productor se visualizan desviaciones e ineficiencias que se tienen dentro de la unidad de producción, y a través del conocimiento y entendimiento de conceptos, y principios, el mismo logre auto apropiarse de estos para mejorar la eficiencia de su trabajo, recursos y tiempo. El siguiente paso en el proceso de capacitación, es la transmisión de conocimientos a otros productores (transferencia de productor a productor). El grupo de productores que conforma la representatividad de los polos de desarrollo 4 y 8 son alrededor de 300, de los cuales solo 40 – 50 productores asisten con mayor frecuencia a las reuniones de capacitación. No obstante, se observa que algunos de los cambios realizados por estos productores, están siendo aplicados por el resto de productores. Se realiza un efecto de multiplicativo de las acciones de mejora en suelo, semilla, almacenamiento y otros factores dentro de las unidades de producción. Algunos de estos cambio que los productores del grupo perciben, pero que aún no se cuantifican son los siguientes: 1.- Utilización de estiércoles en parcela 2.- Reducción de laboreo en el cultivo 3.- Utilización de forrajes en parcela (no quemar) 4.- Reducción de fertilizantes químicos y pesticidas 5.- Mejoraron el almacenamiento de granos y semillas 6.- Mejorar selección de semilla 7.- Mayor rotación y uso de policultivos.

Las sesiones de capacitación se enfocan al entendimiento de componentes tecnológicos antes mencionados. La evaluación, validación y comprobación del efecto producido en sus cultivos depende del deseo y actitud de cambio de cada productor. En nuestro grupo se tienen productores que están aplicando los cinco componentes tecnológicos dentro de sus unidades de producción. Algunos otros se inclinan solo por dos o tres factores, y en su mayoría todos aplican al menos un componente básico para la conservación de sus granos y semillas (almacenamiento hermético). La finalidad es transferir un modo de producción sustentable que valore y utilice la biodiversidad regional, que aproveche y mejore la utilización de sus recursos naturales, y mejore las condiciones de vida de las familias rurales. A partir del ciclo de cultivo P – V 2012, se han registraron casos sobresalientes de productores que han aplicado los conocimientos adquirido. El rendimiento del maíz presenta una variación de 500 kg/ha, hasta el máximo obtenido que fue de 7281 kg/ha en grano y rendimientos de rastrojo que oscilan desde los 550 kg/ha, hasta 9000 kg/ha de peso seco. Capacitación en componentes tecnológicos para lograr sustentabilidad: En el proceso de evaluación – adopción de la AS, el productor es la parte más importante, debido a que se





requiere de un cambio en su forma de pensar y actuar. Con este enfoque sustentable se puede ayudar a cambiar el escenario en las áreas enfocadas a la agricultura de temporal. Es una tecnología probada y sus rendimientos son altos y estables a través del tiempo; sin embargo, el aspecto productividad no es la única razón por la que debemos inclinarnos por esta tecnología. Es necesario considerar también el uso racional de los recursos naturales, el bienestar de la sociedad y el restablecimiento de los agroecosistemas en general, de tal modo que esta integración de factores resulte en el manejo de diversas formas de agricultura sustentable por los productores, comunidades, región, estado o país. (Van den Broeck *et al.*, 2012). En el estado de Guanajuato se cuenta ya con un grupo de productores que manejan los principios básicos de la AS bajo el régimen de temporal, los cuales pueden actuar como CAPACITADORES de otros grupos de productores que deseen iniciar acciones para mejorar la productividad de sus cultivos. De igual forma se debe continuar con el proceso de capacitación del grupo avanzado con la finalidad de despejar dudas, continuar la transferencia de conocimientos y seguir mejorando aspectos de producción y complemento con actividades pecuarias dentro de la unidad de producción, así como buscar opciones de transformación y comercialización de sus materias primas que se reflejen en el ingreso familiar, además de mejorar las condiciones de vida dentro del ámbito rural.

Dentro del plan de capacitación se considera el establecimiento de “parcelas fijas” en terrenos de productores cooperantes. De esta forma se observan y discuten diferencias entre tratamientos y avances en el proceso de recuperación y equilibrio de sus suelos, mejorando aspectos de nutrición, retención de humedad y manejo de mayor diversidad de microorganismos y especies vegetales. Actualmente se cuenta con parcelas fijas con diferente tiempo de establecimiento, en donde se comparan tratamientos de laboreo e incorporación de materia orgánica ubicadas con productores y en los campo experimentales de INIFAP (CEBAJ y SENGTO), en donde se registran los cambios presentes en las características físicas del suelo y otros indicadores que muestren la recuperación y aprovechamiento de los recursos agua, suelo y diversidad de microorganismos, y su efecto benéfico en la productividad de los cultivos.





Literatura consultada

- Aguilar, G. R., M. De L García L., O. Aguilar H., R. Paredes., J. A. Quijano C., J. A. Aguirre G., F Díaz E. y A. Arévalo V. 2005. Efecto de prácticas conservacionistas sobre la humedad disponible en el suelo y producción de maíz de temporal en Guanajuato. P. 245-270 *In*: Sánchez-Brito, C. et al. (eds.) Avances de investigación en agricultura sostenible III: Bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad. INIFAP-CENAPROS, Morelia, Michoacán México.
- Aguirre, G. J. A. (1999) Análisis regional de la diversidad del maíz en el Sureste de Guanajuato. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México. D.F
- Aguirre, G.J.A., Pons H.J.L., García L.M. de L., Vázquez C.M.G. y M. Segura N. 2010. Estrategia para la conservación de maíces criollos en el estado de Guanajuato. p 90-104. *In*: Mejoramiento, conservación y uso de los maíces criollos. Nájera R.M.B. y C.A. Ramírez M. (Eds.) 2010 Publicación especial de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Consejo Estatal de ciencia y Tecnología de Michoacán y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, ISBN: 978-607-8029-01-3
- Aguirre, G. J. A. y M. de Lourdes G.L. 2012. Sostenibilidad de los recursos naturales: Cambio de rumbo para la agricultura de temporal. Folleto Técnico # 17. INIFAP – CIRCE – Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato. 46 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. 2000. Anuario Estadístico del estado de Guanajuato. Edición 2000. 619 p.
- Pérez, M. P. 2000. Entomología Aplicada. Fundamentos teóricos del manejo integrado de plagas. ARACNET, 6 BOL. S.E.A.,No. 27: 127 – 133. Disponible en línea en: <http://entomologia.Rediris.es/aracnet/6/entapl/index.htm> (consultado 22/05/2012).
- Van Den Broeck, G., Vargas L y Romero R. 2012. La adopción de la agricultura de conservación en el Bajío. Revista EnIACe. CIMMYT (3):9 37–38.
- Zárate, G. F. J. 2005. Plan de Desarrollo Microregional. Región VI Centro – Este. Apaseo el Grande, Guanajuato. Microregión: IXTLA. Secretaría de Desarrollo Social y Humano. Gobierno del estado de Guanajuato. 47 p.





USO DE PLANTAS MEDICINALES EN PASO SERRANO, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ: UN ESTUDIO DE CASO

Trigueros Vázquez^{290*} Imna Y., Bautista García Germán²⁹⁰, Cessa Reyes Victoria²⁹⁰ y Alejandra
Ivonne García Sánchez^{290*}

Resumen

El 80% de la población mundial recurre al uso de las plantas medicinales, en México el 25% de la población lo hace. Debido a la importancia que se le ha dado al uso por los beneficios en la salud de quienes las usan, se realizó un estudio de caso bajo la premisa de que los habitantes de la localidad de Paso Serrano del municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz prefieren usar plantas medicinales aun cuando disponen de servicios médicos convencionales. Este estudio comprendió los meses de agosto-diciembre del año 2017. Se tomaron como criterios para elegir el lugar de estudio: la cercanía de los servicios médicos y pertenecer al área de influencia del Colegio de Postgraduados. El estudio de caso fue de tipo exploratorio por la búsqueda de información acerca del tema y explicativo porque buscó conocer ¿porqué los habitantes usan plantas medicinales aun teniendo los servicios médicos convencionales?, mediante entrevistas tanto a los habitantes del lugar de estudio como a la enfermera del Centro de Salud de Puente Jula para triangular resultados. La realización de este caso se llevó a cabo por etapas: análisis de la situación contemporánea que induce al desarrollo de un estudio de caso; definición de la premisa y preguntas de investigación; selección del caso y técnicas de colecta de información; preparación de la técnica para la colecta de datos; colecta de información en campo; evaluación y análisis de datos y Escritura del reporte final. Como resultado se obtuvo que los habitantes prefieren el uso de las plantas medicinales, ya que estas son su principal recurso para atender sus afecciones que no impliquen alto riesgo y de fácil acceso, además es un conocimiento local que ha permanecido por herencia transgeneracional, a su vez, esto ha ayudado a la economía

^{290*}Colegio de Postgraduados Campus-Veracruz. Postgrado en Agroecosistemas Tropicales
trigueros.imna@colpos.mx





familiar. La enfermera del centro de salud también recomienda su uso, y sugiere establecer un jardín de plantas medicinales en los solares de cada unidad de producción familiar.

Palabras clave: preferencia, centro de salud, jardín, uso tradicional

Introducción

El uso de plantas medicinales data desde tiempos ancestrales, éstas han adquirido importancia a nivel mundial por su potencial alimenticio, ornamental y de construcción (WHO, 2003). Del Campo (2014) mencionó que, desde la antigüedad, las plantas han sido un recurso natural al alcance del ser humano para su propio beneficio, haciendo uso de ellas para alimentarse y curarse. De acuerdo con Beyra *et al.*, (2004) y Bermúdez *et al.*, (2005), el 80% de la población mundial, especialmente en los países en desarrollo, utiliza tratamientos tradicionales a base de plantas para sus necesidades de atención primaria de salud y recurren a estas por los beneficios que reciben. Es decir, que más de cuatro mil millones de personas utilizan plantas como principal remedio medicinal, siendo valoradas para la atención primaria de la salud (WHO, 1995, 2005; Castañeda-Sánchez, 2008).

En México, se cuenta con 22 000 especies de plantas con flores (Rzedowski, 1991; Caballero y Cortes, 2001), de las cuales cinco mil especies son usadas con fines medicinales que pertenecen al grupo de herbáceas, arvenses o ruderales (Font, 1985; Osuna *et al.*, 2005). Mirtha (2012) y Rosas (2015) coincidieron que existe una amplia diversidad vegetal y cultural por lo que la medicina tradicional ocupa un lugar importante, ya que cerca del 25% de la población mexicana acuden al uso de estas, tradición que se ha mantenido desde tiempos prehispánicos (White-Olascoaga *et al.*, 2013).

El estado de Oaxaca cuenta con una diversidad de 9,054 especies vegetales, seguido de Chiapas con 7,830 y Veracruz con 6,876, entre otros estados (García y Meave, 2011; Villaseñor y Ortiz, 2014). Gran parte de estas especies se usan como plantas medicinales, por lo que revisten importancia en cuanto a la preferencia que los habitantes tienden a hacer uso de ellas, debido también al limitado acceso a los servicios médicos en las zonas rurales y





urbanas, donde la población hace uso de plantas medicinales como el único recurso disponible para prevenir y curar enfermedades (Quiróz y Pérez, 2016).

Las principales razones del uso de plantas medicinales en las comunidades rurales son terapéuticas, económicas (Hamayun *et al.*, 2003; Maimone-Celorio *et al.*, 2006; Kitula, 2007), culturales (Gispert y Rodríguez, 2007; Canales, 2006; Madaleno, 2006; Leonti *et al.*, 2003) y quizá una combinación de ambas razones. De aquí que en la región central de Veracruz haya localidades que aun contando con servicios médicos siguen usando plantas medicinales y su potencial es evidente. Por lo que surge el interés de realizar un estudio de caso para conocer la preferencia de uso de plantas medicinales por los habitantes de la localidad de Paso Serrano, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz.

Materiales y Métodos

Para realizar un estudio de caso se modificó la metodología propuesta por Urra *et al.*, 2014, Figura 1.

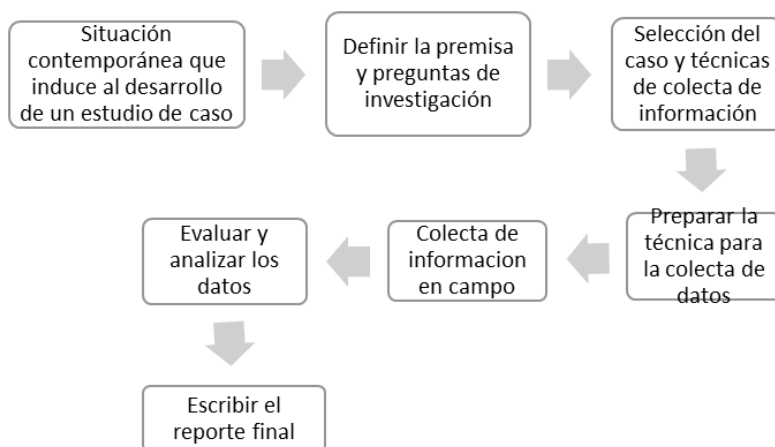


Figura 1. Esquema de la metodología para realizar un estudio de caso. Elaboración propia modificada de Urra *et al.* (2014).

Una vez definido el problema de la situación contemporánea se definió la siguiente premisa: “Los habitantes de la localidad de Paso Serrano municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, prefieren usar plantas medicinales aun teniendo servicios médicos





convencionales”. De la revisión documental se encontró que en la región de estudio se han realizado pocas investigaciones que hacen referencia al uso y preferencia de plantas medicinales por las familias que habitan en comunidades rurales. La localidad de estudio se eligió de acuerdo a los siguientes criterios: a) cercanía al centro de salud de Puente Jula, b) localidad que pertenece a la zona de influencia del Colegio de Postgraduados. La colecta de información se inició con la revisión documental del uso de plantas medicinales en la zona de influencia del estudio. Posteriormente se utilizó la técnica de la entrevista semiestructurada, basada en la aplicación de un cuestionario; mismo que se estructuró en secciones que ayudó a obtener con eficacia la información, respecto al conocimiento y uso de plantas medicinales por los habitantes de la localidad, quienes hacen uso de ellas para tratar sus padecimientos. Debido al reducido número de familias que cuenta la localidad de estudio, se empleó el método del censo, donde se aplicó el cuestionario de manera directa a todas las familias, las visitas de campo se realizaron en la última semana de noviembre del año 2017. Para reafirmar los resultados sobre la preferencia de uso de las plantas medicinales, y como característica del método de estudio de caso se realizó una triangulación de la información mediante una entrevista con la enfermera responsable del Centro de Salud de la localidad de Puente Jula en la primera semana de diciembre del año 2017, por ser el servicio médico más cercano con el que cuentan los habitantes de la localidad de Paso Serrano. Como evidencia se tomaron fotografías a las plantas medicinales usadas por las familias y por la enfermera del centro de salud.

Resultados y discusión

Con respecto a los datos generales de los entrevistados, estos son del género femenino y masculino, con un rango de edad de entre 55 a 80 años. Las mujeres son amas de casa y los hombres son agricultores, de estado civil casados y el nivel de estudio es primaria incompleta.

En cuanto a los datos sobre los servicios médicos, se obtuvo como respuesta que los habitantes no cuentan con ningún servicio médico dentro de la localidad. Sin embargo, algunos miembros de la familia son afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS),





Seguro Popular y/o Centro de Salud (SSA). Y cuando requieren de esos servicios van a la localidad de Puente Jula o a la ciudad de Veracruz.

La mayoría de las familias sí recurren a los servicios médicos alópatas ocasionalmente para atender sus afecciones, que son principalmente: infecciones en riñón, vacuna contra influenza y persona con diabetes, excepto en este último caso que se lleva un control médico mensual. El gasto para el tratamiento de sus enfermedades oscila entre seis mil a poco más de cincuenta mil pesos, dependiendo de los problemas de salud que han presentado.

Los entrevistados reconocen que nunca reciben visitas médicas en la localidad, de igual forma, no acuden a reuniones de asesoría relacionadas con su salud por parte de programas de gobierno. Así mismo, mencionaron que los medicamentos alópatas que les son recetados los consiguen en las farmacias locales o les son dotados en el centro de salud, además, dos de los entrevistados comentaron padecer dolores de cabeza y uno de ellos ha llegado a sentir cansancio debido a la toma de estos medicamentos.

Los resultados coinciden con lo reportado por Martínez-Moreno *et al.* (2016), quien mencionó que las familias hacen uso de las plantas medicinales por dos aspectos: -calidad y acceso a los servicios de salud y las diferencias por los motivos de consulta y por problemas que los médicos alópatas no pueden atender; tales como: empacho, susto, aire, alferecía, entre otras.

Referente al uso de plantas medicinales, se encontró que todas las familias hacen uso de ellas cuando presentan malestares. Indican que el conocimiento para el uso lo han adquirido por medio de varias personas: familiares (mamá, abuelos, primos), vecinos y amistades, ya que las ocupan de manera continua y permanente en forma de cocimiento; té, asado y cataplasma. Las partes de la planta que utilizan frecuentemente son: las hojas (tiernas y maduras), raíces y corteza, obteniéndolas del campo de manera silvestre, cultivadas en el huerto, compradas en el mercado e intercambiadas entre familiares y amistades.

Respecto a las plantas medicinales que prefieren usar las familias entrevistadas, refieren que el crucetillo (*Randia monantha Benth*), y la uña de gato (*Pereskia aculeata*) las obtienen sólo en una temporada específica del año. Las familias que no tienen el crucetillo en su solar desean obtener la planta para cultivarla. El uso general de plantas medicinales es importante por los beneficios que aportan y les representa una alternativa económica, en el sentido de que, al emplearlas para tratar ciertas afecciones en su salud, tienen un ahorro en la





economía familiar al no gastar en medicamentos y consultas médicas. Una vez realizada la investigación documental y las entrevistas a los habitantes de la localidad de Paso Serrano, se procedió a realizar la entrevista con el encargado del Centro de Salud para triangular la información respecto a las preferencias de las personas por el uso de plantas medicinales. Para ello, se realizó una visita a la clínica del SSA de la comunidad de Puente Jula, perteneciente al municipio de Paso de Ovejas, para concretar una cita con el responsable del centro de salud, y el objetivo del estudio para el cual se les solicitó información referente a la salud y cultura en el uso de plantas medicinales, por parte de los habitantes a los que atienden en dicha unidad médica.

La entrevista se llevó a cabo la primera semana del mes de diciembre del año 2017 y fue atendida por la encargada de enfermería, quien informó que las comunidades que se encuentran dentro de la jurisdicción del centro de salud en mención son: Puente Jula, Tierra Colorada, Plan de Manantial, Sayula de Alemán y Paso Real. Por ello, las localidades que visitan con mayor frecuencia y a las que acuden a realizar pláticas y campañas por parte del centro de salud son las ya citadas. Aunque Paso Serrano pertenece a otra jurisdicción, los habitantes también van a solicitar consulta a Puente Jula por estar más cerca que el centro de salud que les corresponde.

La enfermera mencionó que por día atienden alrededor de 50 y 60 pacientes, quienes acuden a la unidad médica por padecimientos frecuentes como: problemas gastrointestinales, deslipidemias (padecimientos crónicos causados por diabetes), problemas de vías respiratorias y control de embarazo. En la localidad de Paso Serrano nunca realizan campañas de salud e incluso no sabe en donde se encuentra la localidad mencionada. Por lo cual, en dicha localidad no se han realizado reuniones para dar una mejor atención médica, debido a que por el tamaño de población que tiene la localidad no se encuentra registrada dentro de su jurisdicción. Así, esta información se corrobora con la información obtenida con los entrevistados de la localidad de Paso Serrano.

Respecto al uso de plantas medicinales, ella comentó que: sí les recomienda a los pacientes que atiende, usarlas como una opción para tratar cualquier padecimiento, con la debida precaución, ya que cree que no existe evidencias científicas que indique la dosis adecuada en el uso de las plantas medicinales. Sin embargo, las recomienda porque ha adquirido conocimientos en el uso de algunas plantas por cultura que ha permanecido en su familia,





además; debido a que sus vivencias en comunidades rurales del estado de Veracruz y Chiapas le han concedido la creencia de que ciertos padecimientos se pueden aliviar con los usos de plantas medicinales, como enfermedades de afiliación cultural (empacho, mal de ojo, sustos, mal del cuajo, entre otros), como lo mencionan Quiroz y Pérez (2016) y a su vez, el uso de plantas medicinales contribuye a la economía familiar con el ahorro por no comprar medicinas de origen alópata. Reconociendo también que el uso de medicamentos alópatas puede originar efectos secundarios generando problemas gastrointestinales, en riñón e hígado (cirrosis). Es por lo anterior que en el centro de salud tienen un huerto con plantas medicinales, promovido por el programa federal Interculturalidad y creado con el aporte de las personas afiliadas al Programa Prospera con el propósito de generar intercambio de saberes locales. Para lo cual, mediante una campaña por el centro de salud, cada beneficiario ha aportado una planta de uso medicinal. Y de esta manera se ha conformado el huerto de plantas medicinales de la Unidad Médica Rural del SSA de Puente Jula, el cual contiene las especies denominadas por su nombre común como: Hierba del burro (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) Maguey morado (*Tradescantia spathacea* Sw.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), ruda (*Ruta graveolens* L.), orégano grueso (*Origanum vulgare* L.), añilillo (*Justicia spicigera* Schltl.), moringa (*Moringa oleífera* Lam.), sábila (*Aloe vera* (L.) Burm. f.), hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.), estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt), jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), bugambilia (*Bougainvillea* sp.) y limón (*Citrus x limon* (L.) Osbeck). Finalmente, la informante muestra interés por adquirir conocimientos en la reproducción de las plantas medicinales e incrementar su conocimiento en la dosis adecuada para su uso, ya que mencionó que no tiene ningún conocimiento en la forma de reproducción, manejo y conservación de plantas medicinales.

Conclusiones

Considerada la elaboración del procedimiento de un Estudio de Caso, se concluye que: 1. Los habitantes de Paso Serrano tienen preferencias hacia el uso de plantas medicinales, aun contando con servicios médicos convencionales debido a que: para ellos representa una alternativa viable porque son un recurso de fácil acceso ya que las consiguen entre vecinos,





familiares y amistades. 2.-Son para ellos una herencia transgeneracional que ha permanecido como parte de su cultura ya que no les han generado reacciones secundarias y es a través de las experiencias vividas y adquiridas por recomendaciones de familiares, vecinos y amistades que generan conocimientos que les brindan confianza para usarlas. 3. El motivo que les genera esa confianza de uso es porque son remedios preparados de manera natural que no pasan por ningún proceso de conservación. 4. Se ha observado que no cuentan con el conocimiento suficiente como para mantener una diversidad alta de especies medicinales en su solar. 5. La enfermera encargada de la unidad médica de Puente Jula, recomienda tener un jardín de plantas medicinales en los solares de la localidad de Paso Serrano, como una estrategia de conservación, llevada a cabo en conjunto con el centro de salud a través del programa de Interculturalidad.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación es producto del curso Estudios de Caso en Agroecosistemas del postgrado en Agroecosistemas Tropicales del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz y se agradece al Dr. Octavio Ruiz Rosado profesor del curso por su asesoría y revisión del documento. De igual manera se agradece la disponibilidad de las familias entrevistadas de la localidad Paso Serrano, del ejido Paso del Moral en el municipio de Manlio Fabio Altamirano. También, a la Licenciada en enfermería Rosalba González Campos, encargada del área de enfermería del Centro de Salud Rural de la Localidad Puente Jula, municipio de Paso de Ovejas.

Literatura consultada

Bermúdez, A., M. A. Oliveira M., y D. Velázquez. 2005. La Investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: Una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*. 30(1):453-459.





- Beyra, A., M. C. León, E. Iglesias, D. Ferrándiz, R. Herrera y G. Volpato. 2004. Estudios etnobotánicos sobre las plantas medicinales de la provincia de Camaguey, Cuba. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. Vol. 61:185-203.
- Caballero, J. y L. Cortes. 2001. "Percepción, uso y manejo tradicional de los vegetales, México". En: Rendón Aguilar B. y Rebollar Domínguez, S. Eds. *Plantas, Cultura y Sociedad. Estudio de la relación entre los seres humanos y las plantas en los albores del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. P. 100. https://www.uv.mx/ethnobotany/caballero_files/caballero%20y%20cortes%2020001%20Plant.Cult.%20Soc.pdf [consultado el 12 de octubre 2017]
- Canales, M. M. 2006. Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas medicinales en San Rafael Coxcatlán, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. *Acta Bot. Méx.*, 75:21-43.
- Castañeda, S. O., J. C. Morúa-Ramírez y E. Ríos-Torres. 2008. "Frecuencia y uso de la herbolaria y medicina tradicional para el trabajo de parto y puerperio en dos poblaciones". *Atención Familiar* 15(2): 28-35.
- Cortés, R., E. A. y F. R. Venegas C. 2011. Conocimiento tradicional y la conservación de la flora medicinal en la comunidad indígena de Santa Catarina, B. C., México. *Ra Ximhai*, 7: 117-122.
- Del Campo, M. M. M. 2014. Pervivencia de los remedios vegetales tradicionales americanos en la terapéutica española actual. Departamento de Farmacología. Universidad Complutense de Madrid Facultad de Farmacia. 19 p.
- Font-Quer, P. 1985. *Diccionario de Botánica*. Labor. 1244 p.
- García, M., A. J. y J. A. Meave. 2011. "Diversidad Florística de Oaxaca: De Musgos a Angiospermas (Colecciones y Listas de Especies)". *Bol. Soc. Bot. Méx.* 89: 132-134.
- Gispert, C. M. y G. H. Rodríguez. 2007. Los Coras plantas alimentarias y medicinales en su ambiente natural. DGCP. INI. INE. México. 10 p.
- Hamayun, M., M. A. Khan and S. Begum. 2003. Marketing of medicinal plants of Utror-Gabral Valleys, Swat, Pakistan. Department of Biological Sciences, Quaid-e-Azam University, Islamabad, Pakistan. <http://www.siu.edu/ebi/leaflets/market.html> [consultado el 13 de noviembre de 2017].





- Kitula, R. A. 2007. Use of medicinal plants for human health in Udzungwa Mountains forests: a case study of New Dabaga Ulogambi Forest Reserve, Tanzania. *Journal Ethnobiol. Ethnomed.* 3: 1-4.
- Leonti, M., R. F. Ramírez, O. Sticher and M. Heinrich. 2003. Medicinal flora of the Popoluca, México: A botanical systematical perspective. *Econ. Botany.* 57: 218-230.
- Madaleno, M. A. 2006. Medicinal Natural and Agricultural Ecosystems Exploitation in Latin America. Tropentag, Bonn, October 11-13. Conference on internacional agricultural research for development.
- Maimone, C. M. R., M. Aliphath, D. Martínez-Carrera, B. Ramírez-Valverde, J. I. Valdéz-Hernández, A. Macías-Laylle. 2006. Manejo tradicional de humedales tropicales y su análisis mediante sistemas de información geográfica (SIG): El caso de la comunidad maya chontal de Quintín Arauz Centla, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia.* 22: 27-49.
- Martínez, M. D., G. Valdéz E., F. Basurto P., A. R. Andrés H., T. Rodríguez R., y A. Figueroa C. 2016. Plantas medicinales de los mercados de Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio, Puebla. *Polibotánica.* 41: 153-178.
- Mirtha, P. V. 2012. Legislación en Chile sobre fitofármacos y plantas medicinales. *Rev. Farmacol. Chile* 5: 7–11.
- Osuna, T. L., M. E. Tapia P. y A. C. Aguilar. 2005. Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones gastrointestinales. Universidad de Barcelona. España. 173 p.
- Quiróz, I. G. y A. Pérez V. 2016. Knowledge and preference of medicinal plants in three rural communities of Tezonapa, Veracruz, Mexico. *Global Advanced Research Journal of Medicine and Medical Sciences.* 5: 123-129.
- Rosas, L. 2015. Contribución al conocimiento etnofarmacobiológico de plantas medicinales de la región Cañada, Oaxaca. *Rev. CIBA.* 3: 1-18.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana.* 14: 3-21.
- Urra, M. E., R. Núñez C., C. Retamal V., y L. Jure C. 2014. Enfoques de estudio de casos en la investigación de enfermería. *Ciencia y Enfermería.* 20: 131-142.





- Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 134-142.
- White O., L., J. I. Juan P., C. Chávez M. y J. G. Gutiérrez C. 2013. Flora Medicinal en San Nicolás, Municipio de Malinalco, Estado de México. *Polibotánica*. 35: 173-206.
- WHO (World Health Organization). 1995. Traditional practitioners as primary health careworkers: Guidelines for training traditional health practitioners in primary health care. 84 p.
- WHO (World Health Organization). 2003. Guidelines on good agricultural and collection practices for medicinal plants. World Health Organization. 69 p. http://www.who.int/topics/traditional_medicine/en/ [consultado el 13 de noviembre de 2017]
- WHO (World Health Organization). 2005. WHO Traditional medicine strategy 2002-2005. Document WHO/EDM//TRM/2002.1.





EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE CADENA AGROALIMENTARIA DURANTE EL SIGLO XXI

Mónica Elena Parra Melchor^{291*}, María del Carmen Álvarez Ávila²⁹² y Alberto Asiain Hoyos²⁹³

Resumen

El concepto de la cadena agroalimentaria (CA) permite establecer la contribución de todos los actores y procesos que intervienen en la transformación de un producto de origen agropecuario, desde su producción en finca por parte de un agricultor, hasta que es comprado en la forma de otros productos por consumidores finales. Una década antes del siglo XXI la CA estaba compuesta por eslabones que únicamente comprendían procesos de obtención de un producto agrícola, pecuario, forestal o pesquero a través de las actividades de producción, intercambio de materia prima y comercialización, en la actualidad las cadenas agroalimentarias también incluyen los procesos de transformación, abasto de insumos y equipos necesarios, distribución y comercialización, así como todos los servicios que influyen en las actividades hasta que el producto llega al consumidor final. El presente trabajo aborda el concepto de cadena agroalimentaria desde sus inicios con Michael Porter quien establece que la CA tiene una relación con la cadena de valor. El objetivo de esta investigación fue conceptualizar la cadena agroalimentaria y analizar su evolución durante el siglo XXI. Se realiza una revisión sistemática de bibliografía en revistas especializadas en cadenas agroalimentarias, cadena de valor, logística y cadena de suministro. Se realizó un análisis cualitativo que nos llevó a la consecución del objetivo. Se concluye que la cadena agroalimentaria ha tenido una evolución muy continua, al agregar valor a los productos y servicios con la finalidad de satisfacer las necesidades del consumidor, así como proporcionar ventaja competitiva a las empresas y agentes que integran a dicha cadena. Debido a la escasez de trabajos sobre la cadena agroalimentaria, así como a la falta de consenso respecto a las dimensiones y factores que la definen se recomienda hacer estudios

^{291*} Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Parra.monica@colpos.mx

²⁹² Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

²⁹³ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.





como el que se presenta, ya que la cadena agroalimentaria, como unidad de estudio y de formulación de política, es importante y fundamental. Permite entender y valorizar la contribución de la agricultura a la economía y contribuye el buen funcionamiento de la articulación entre los diferentes eslabones de las cadenas agroalimentarias para incrementar la competitividad del sector agropecuario y la economía de los países.

Palabras clave: cadena de suministro, cadena de valor, logística

Introducción

Las cadenas agroalimentarias están compuestas por eslabones que comprenden desde la obtención de materias primas hasta que el producto es consumido. En la actualidad las complejidades han ido creciendo porque los productos sufren un mayor grado de transformación y las actividades comerciales son muy diversas, además hay un mayor número de intermediarios que añaden valor al producto final pasando de cadenas cortas a cadenas largas (Albusi, 2011).

La cadena agroalimentaria es una cadena de valor que se entiende como una concatenación de procesos que propician una serie de relaciones y acciones para llevar a cabo actividades primarias, secundarias y terciarias específicas en un espacio territorial determinado. La cadena de valor es un instrumento para crear valor para el comprador o consumidor y su configuración u organización es determinante para alcanzar la ventaja competitiva (Porter, 1990). En la última década del siglo XX la cadena de valor se define como “el conjunto de actividades que se desarrollan dentro de una empresa para diseñar, producir, llevar al mercado, entregar y apoyar sus productos” (Porter, 1999).

En este trabajo se hace una revisión sobre los conceptos de la cadena agroalimentaria; además se hace un análisis de su evolución en el siglo actual para conocer las dimensiones de su evolución. Se concluye que la cadena agroalimentaria ha tenido una evolución muy continua, al agregar valor a los productos y servicios con la finalidad de satisfacer las necesidades del consumidor, así como al proporcionar ventaja competitiva a las empresas y agentes que integran a dicha cadena.





Conceptualización de la cadena

Diferentes autores conceptualizan a la cadena agroalimentaria (CA) refiriéndose al término de cadena de valor, sin embargo, sus significados y alcances varían con los diferentes autores. Para Guido y Madani, (2000) es la relación existente de compra y venta de productos agrícolas entre distintos actores o agentes, estos actores o agentes pueden ser los productores, los comercializadores, los consumidores, la industria, los proveedores de insumos. Kaplinsky y Morris (2000) definieron cadena de valor como la amplia gama de actividades que se requieren para llevar un producto o servicio desde su concepción, a través de las diferentes fases de producción, despacho a consumidores finales y la disposición final luego del uso. También se define como la alianza vertical o red estratégica entre un número independiente de organizaciones de negocio dentro de una cadena de abastecimiento (Iglesias, 2002). En la primera década del siglo XXI se considera como una articulación de diferentes actores que participan en flujos o movimientos de bienes y servicios, desde el abastecimiento de insumos, pasando por la producción, hasta el consumo; considerando la transformación y distribución del producto, y proporcionar una serie de servicios de apoyo en cada paso del proceso (Reinoso *et al.*, 2007). A finales de la primera década del siglo XXI la cadena se observaba desde el punto de vista de la realidad socioeconómica y se definió como un sistema que agrupa actores económicos y sociales interrelacionados que participan articuladamente en actividades que agregan valor a un bien o servicio, desde su producción hasta que este llega a los consumidores, incluidos los proveedores de insumos y servicios, transformación, industrialización, transporte, logística y otros servicios de apoyo, como el de financiamiento (García, *et al.* 2009).

En el mismo año Kaplinsky y Morris (2009) definen que la cadena de valor describe la variedad total de actividades requeridas para conducir un producto o servicio desde su concepción, hasta la entrega al consumidor, la disposición y el desecho final a través de diversas fases intermedias de producción que necesitan ser vinculadas (involucrando combinaciones de transformación física y los insumos de diferentes servicios de productores). Dada las definiciones (Cuadro 1) podemos considerar que cadena agroalimentaria es una cadena de valor que le da importancia y agrega valor a un bien o servicio desde la producción de insumos hasta que llega al consumidor final, con la finalidad de satisfacer una necesidad.





Cuadro 1. Conceptos de cadena agroalimentaria durante el siglo XXI.

Año	Autores	Concepto / definición
2000	Kaplinsky y Morris	Amplia gama de actividades que se requieren para llevar un producto o servicio desde su concepción, a través de las diferentes fases de producción, despacho a consumidores finales y la disposición final luego del uso.
2000	Guido y Madani	Relación existente de compra y venta de productos agrícolas entre distintos actores o agentes, estos actores o agentes pueden ser los productores, los comercializadores, los consumidores, la industria, los proveedores de insumos.
2002	Iglesias	Alianza vertical o red estratégica entre un número independiente de organizaciones de negocio dentro de una cadena de abastecimiento
2004	Ballesteros	Todas las etapas producción / distribución / Consumo, referidas tanto a la productos que se consumen frescos como a los que sufren un proceso de transformación industria
2007	Reinoso <i>et al.</i>	Articulación de diferentes actores que participan en los flujos o movimientos de bienes y servicios, desde el abastecimiento de insumos, pasando por la producción, hasta el consumo; tomando en cuenta la transformación y distribución del producto, proporcionando una serie de servicios de apoyo en cada paso del proceso
2009	Kaplinsky y Morris	Variedad total de actividades requeridas para conducir un producto o servicio desde su concepción, hasta la entrega al consumidor, la disposición y el desecho final a través de diversas fases intermedias de producción (involucrando combinaciones de transformación física y los insumos de diferentes servicios de productores)
2009	García <i>et al.</i> ,	Sistema que agrupa actores económicos y sociales interrelacionados que participan articuladamente en actividades que agregan valor a un bien o servicio, desde su producción hasta consumidores.

Fuente: Propia.

Análisis de la evolución de la cadena

En el presente siglo la cadena agroalimentaria o cadena de valor ha tenido diversas modificaciones debido a las nuevas tendencias del mundo globalizado que obligan a las empresas a adoptar cambios en la organización y formas de integración en los diferentes entornos. A inicios del siglo XXI los procesos de la cadena se visualizaban de forma vertical, las empresas empezaron a preocuparse por tener correcta colocación en el mercado global. Una de las principales razones para implementar la cadena de valor en las empresas fue la optimización de costos, por lo que se configuraron las actividades que se consideraban principales: Producción, distribución y comercialización.





Sin embargo, no se lograban los objetivos planteado por las empresas, el consumidor era cada vez más exigente. El enfoque de cadenas agroalimentarias tuvo un giro a cadenas agroindustriales su sentido era más amplio, pues ya considera todas las etapas producción / distribución / Consumo, referidas tanto a los productos que se consumen frescos como a los que sufren un proceso de transformación industrial (Ballesteros *et al.*, 2004), no solo se tomaba en cuenta la transformación y distribución del producto, sino también la situación socioeconómica; la cadena ya se miraba como un sistema de agrupación de actores económicos y sociales también se integra la cadena logística con el propósito de mejorar el rendimiento a largo plazo. En este sentido los actores que integran la cadena logística de mayor interés son: productores, agroindustria y comercio (Causado, 2013). La logística es una fuerza competitiva que se ha ido moviendo de la zona de la producción hacia la distribución. Las ventas de productos agropecuarios se ven involucradas tanto a la parte digital como a la parte física de las transacciones y, entre ellas, se destaca la relación con la logística, para llevar a cabo envíos y la distribución de los productos. Es por eso que los encargados de la logística deben estar preparados para establecer cadenas que no solo respondan a situaciones existentes, sino que también puedan cambiar y adaptarse (Britta y Paul, 2001). (Figura 1).

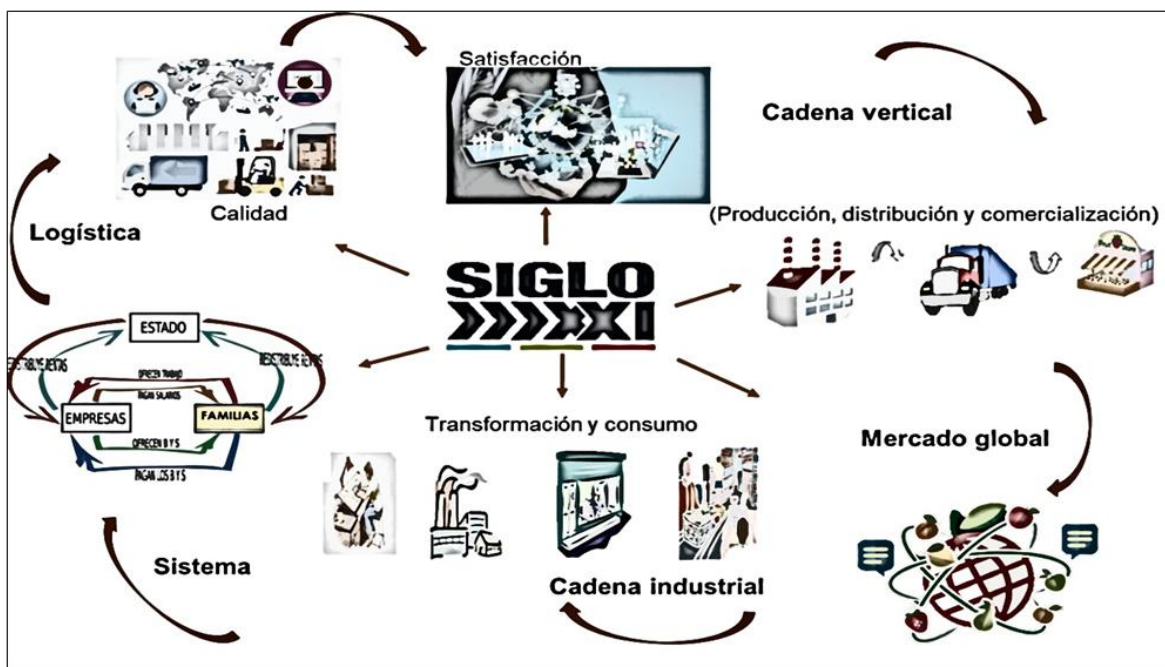


Figura 1. Mapa mental de la evolución de la cadena agroalimentaria/ cadena de valor. Fuente: Propia



En síntesis, el concepto de cadena agroalimentaria ha tenido grandes cambios en corto tiempo, siempre busca cubrir las necesidades de los consumidores. En este sentido surgen las Cadenas de Suministro Agroalimentarias (CSA), las cuales están integradas por redes de organizaciones que trabajan de manera conjunta para alcanzar la calidad. Sin embargo, el tema de cadenas de suministro agroalimentarias no está consolidado.

En la industria alimentaria, las cadenas de suministro son sistemas complejos, en continuo cambio, que involucran a muchos participantes entre ellos, (proveedores, productores, distribuidores, comercializadores mayoristas y minoristas, entidades de regulación y consumidores) (Figura 2).



Figura 2. Cadena de Suministro Agroalimentaria.

La planeación de la cadena de suministro agroalimentaria requiere el diseño de modelos de gestión que logren identificar ampliamente las dinámicas del territorio, teniendo en cuenta aspectos como (tamaño de los agricultores, las condiciones de producción primaria, la tecnología, la demanda del mercado, la capacidad financiera y las prácticas de gestión), que permiten manejar un grupo más amplio de variables (Viancha, 2014).



Conclusiones y recomendaciones

1. El tema de las cadenas agroalimentarias / cadena de valor se ha convertido en un tema de gran importancia para las empresas, organizaciones e instituciones. Son uno de los instrumentos importantes para el desarrollo del medio rural y de sus habitantes y coadyuvan a que éstos realicen actividades económicas competitivas y sostenibles que les permitan generar riqueza material para incrementar su nivel de bienestar. Su objetivo es generar valor y fortalecer el crecimiento de las pequeñas y medianas empresas. 2. La adopción del sistema de cadenas de valor por parte de una empresa agropecuaria presenta doble ventaja para ésta: por un lado, el nivel de organización que se adquiere le permite obtener insumos a precios más bajos y, por el otro, apropiarse de una mayor parte del valor agregado que se genera en cada una de las etapas productivas por las que pasa el producto. 3. Se concluye que la cadena agroalimentaria ha tenido una evolución muy continua, con la finalidad de satisfacer las necesidades del consumidor, así como la generación de una ventaja competitiva en las empresas y agentes que integran a dicha cadena. En la agroindustria la cadena ha representado uno de los crecimientos más dinámicos del sector y ha permitido incorporar y apropiarse de una parte importante del valor agregado que se genera en los eslabones de la misma. 4. Se recomienda realizar más investigaciones de este tipo ya que, se observa una escasez de trabajos sobre cadenas agroalimentarias, lo que limita identificar las dimensiones y factores que las conceptualicen como cadenas agroalimentarias. 5. La importancia radica en que una cadena agroalimentaria, vista como unidad de estudio y de formulación de política, es trascendental e imprescindible para entender y valorizar la contribución de la agricultura a la economía del país, además, contribuye al buen funcionamiento y la adecuada articulación entre los diferentes eslabones de las cadenas agroalimentarias para incrementar la competitividad del sector agropecuario y la economía de los países.

Literatura consultada

Albusi, L.M. 2011. Las cadenas agroalimentarias como elementos fundamentales para la competitividad de los productos en los mercados. *Mexicana de Agronegocios*, 28:451-452.





- Ballesteros, R. D. P. y P. P.S. Ballesteros. 2004. La logística competitiva y la administración de la cadena de suministros. *Scientia et Technica* 10: 101p.
- Britta, G., and Paul, D. L. 2001. Logistics skills and competences for the management of the supply chain. *Journal of business logistics*, 22: 27-50
- Causado, R. E., I. Reatiga, C. 2013. Cadena logística de subproductos en la industria de tajada de plátano para exportar. *Dimensiones empresariales*. 11: 9-16.
- García, W. M., H. Riveros, I. Pavez, D. Rodríguez, F. Lam, J. Arias y D. Herrera. 2009. Cadenas agroalimentarias: un instrumento para fortalecer la institucionalidad del sector agrícola y rural. *COMUNICA-Agronegocios* mayo-agosto (13): 26-38.
- Guido, A. y P. Madani. 2000. Características de la cadena agroalimentaria de la papa y su industrialización en Bolivia. Documento de trabajo 14. CIP-COSUDE. 71 p
- Isaza, J. G. 2008. Cadenas productivas. Enfoques y precisiones conceptuales. *Sotavento MBA*: 8-25.
- Iglesias, D. H. 2002. Cadenas de valor como estrategia: las cadenas de valor en el sector agroalimentario. Documento de trabajo. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina
- Kaplinsky, R., and M. Morris. 2000. A handbook for value chain research. International Development Research Centre. Mexico. 113 p.
- Kaplinsky, R. y M. Morris. 2009. Un Manual para Investigación de Cadenas de Valor. Ambiente y Diseño Industrial. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Canadá. 103 p.
- Porter, M. E. 1990. The competitive advantage of nations. *Harvard business review* 68: 73-93.
- Porter, M. E. (1999) *Clusters and Competition: New Agendas for Companies, Governments, and Institutions*. Harvard Business School Press,
- Reinoso, R., A. I. H. Pico, M. Pumisacho, F. Montesdeoca, J. Monteros, H. X. Cuesta S. y G. Thiele. 2007. Cadenas agroalimentaria: Plataformas de concertación y proyectos compartidos. INIAP-Papa Andina-COSUDE. Quito, Ecuador. 62 p.
- Viancha, S. Z. H. 2014. Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos. *Ingeniería y Desarrollo*, 32: 138-154.
<http://adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/25>
- Ortiz, G.Y.C. 2018.
http://www.academia.edu/11346395/CADENA_DE_SUMINISTROS_Y_ABASTECIMIENTO
NTO [Consultado en mayo de 2018.]





TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN VINCULADA A MÓDULOS AGROFORESTALES

Nelda Uzcanga Pérez^{294*}, Ana Lid Del Angel Pérez²⁹⁵, Aixchel Maya Martínez²⁹⁶ y Bertha Larqué Saavedra²⁹⁷

Resumen

El estudio se llevó a cabo en dos comunidades ejido de Nuevo Progreso municipio de Calakmul en el estado de Campeche y en el ejido de Loma Iguana municipio de La Antigua en Veracruz. En ambos se aplicaron técnicas de diagnóstico participativo comunitario, revisión de literatura y se aplicaron cuestionarios para identificar cultivos de preferencia, características socioeconómicas de los productores y hechos relevantes con el propósito de caracterizar a la población vinculada a sistemas agroforestales (silvoagrícola y silvopastoril). Los resultados indicaron que los productores tienen como actividad principal la ganadería y como actividad secundaria la agricultura donde sobresalen cultivos del sistema milpa tradicional como maíz, frijol y calabaza, frutales y hortalizas tropicales. La edad de los productores fue entre 47 y 53 años, con escolaridad básica e ingresos mensuales no mayores a \$3,000.00 con diferencias en cuanto a la composición del ingreso entre ambos ejidos. Debido a la preferencia y vocación de ambas comunidades se observó que el modelo más conveniente a establecer es el sistema silvopastoril, debido a la poca participación de los productores en actividades forestales.

Palabras clave: sistemas agroforestales, caracterización socioeconómica, selva húmeda

²⁹⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mochochá, Yuc. México: uzcanga.nelda@inifap.gob.mx* autor de correspondencia,

²⁹⁵ Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz;

²⁹⁶ Campo Experimental Edzná, Campeche;

²⁹⁷ Campo experimental Valle de México.





Introducción

La información obtenida a través de un diagnóstico permite interpretar la realidad que queremos cambiar. Es un punto de partida para diseñar operaciones y corregir acciones que permitan enfrentar los problemas cuando tratamos de implementar alguna acción o proyecto, en este caso el establecimiento de diferentes sistemas agroforestales, ya que nos brinda información del contexto en el que se desarrollará un estudio o proyecto (Rojo *et al.*, 2009).

Dentro del marco del proyecto “Sistemas agroforestales y su relación con el aprovechamiento y protección de su biodiversidad asociada en diferentes ecosistemas de México”, se tuvo especial interés por identificar los cultivos de preferencia de la población, las características socioeconómicas, los cambios significativos en el pasado de la comunidad que pudieran tener influencia en los eventos y actitudes del presente o que pudieran ser detonantes de la aceptación o rechazo de los diferentes sistemas agroforestales propuestos en el proyecto. Por tal motivo, se realizó un diagnóstico participativo con cada una de las comunidades en donde se establecieron los diferentes sistemas agroforestales ubicados uno en Campeche y otro en Veracruz pertenecientes al ecosistema de selva húmeda.

Para éste diagnóstico se tomó como referencia el enfoque participativo, con características sencillas que permitieron a la población sin capacitación profesional y con distintos grados de conocimiento, experiencia, roles sociales e intereses, involucrarse durante todo el proceso, ya que solo a través de su participación fue posible registrar sistemáticamente información acerca de sus recursos, reflexiones y llevar a cabo acciones futuras de gestión en respuesta a lo aprendido (Geilfus, 1997). De lo contrario, el conocimiento del productor es de poco valor cuando existe menos grado de participación durante este tipo de estudios (Bustos *et al.*, 2003).

Materiales y métodos

Para la elaboración del diagnóstico se utilizaron diferentes técnicas para la recolección de datos: 1) Investigación documental en fuentes oficiales de información, 2) Talleres





participativos con el uso de dos herramientas (Geilfus, 1997): a) perfil de grupo y b) línea del tiempo.

3) Se recabó información complementaria con el apoyo de un cuestionario semiestructurado que contenía los siguientes apartados: nombre, lugar de residencia, edad, escolaridad, número de integrantes de la familia, número de menores de edad, ingresos y datos por actividad agrícola, pecuaria o forestal sobre cultivo, superficie, productos, mercado, miembros de la familia que colaboran en la actividad y años que lleva dedicado a dicha actividad.

Toda la información recabada tanto en gabinete como en campo (talleres y cuestionarios) se cruzó con la vertida por datos estadísticos oficiales, para así tener la caracterización de la comunidad lo más aproximado a la realidad que vive (Huber, 2002); (Fernández, 2006).

Resultados y discusión

Las comunidades que pertenecen a este ecosistema y que describiremos a continuación presentan altos índices de marginación y se ubican en el ejido Nuevo Progreso, municipio de Calakmul en el estado de Campeche y en la comunidad de Loma Iguana, municipio de La Antigua estado de Veracruz, lugares donde se establecieron un módulo silvoagrícola (árboles asociados con cultivos agrícolas) y silvopastoril (árboles asociados a la ganadería) respectivamente (CONAFOR, 2014).

El ejido de Nuevo Progreso cuenta con 69 habitantes, quienes enfrentan problemas por la falta de oportunidades de educación ya que el 22.22% de la población de 15 años y más es analfabeta y 40.00% no tiene la primaria completa (CONAPO, 2010).

Las características de las viviendas del ejido son típicas de poblaciones vulnerables en condiciones precarias, pues de las 13 viviendas particulares habitadas con 2.30 ocupantes en promedio por cuarto, 7.69% no tienen energía eléctrica, 15.38% son de piso de tierra, 46.15% no cuentan con refrigerador y ninguna dispone de agua entubada (CONAPO, 2010). Durante los talleres se identificó que la actividad económica más importante del ejido de Nuevo Progreso fue la venta de ganado bovino y borrego en pie a intermediarios.





En lo que respecta al ejido de Loma Iguana, éste presenta características similares a las de Nuevo progreso, porque la población que asciende a 364 habitantes (47.25% son hombres y 52.75% son mujeres), también presenta problemas por falta de oportunidades para la educación ya que el 13.28% de la población de 15 años y más es analfabeta y 56.09% no tiene la primaria completa (CONAPO, 2010).

De las 106 viviendas particulares habitadas con 1.14 ocupantes promedio por cuarto, la mayoría se encuentran en condiciones precarias pues el 34.91% no disponen de agua entubada, 20.75% no cuenta refrigerador en la casa, 8.49% tiene piso de tierra, 5.66% no tiene energía eléctrica (CONAPO, 2010).

Para el ejido de Nuevo progreso se identificaron los principales cultivos agrícolas como maíz de grano blanco, calabaza chihua y jalapeño, este último para venta local en fresco o ahumado. También, se siembra dos veces al año Zacate palapero, comúnmente utilizado para el techado de la vivienda tradicional maya por su adaptación a las condiciones climáticas de la región (Pérez *et al.*, 2015).

No faltó dentro de las actividades del productor, la cría de aves de traspatio (gallinas y guajolotes) con mano de obra familiar. En este tipo de comunidades marginadas, se considera al traspatio una unidad de producción de subsistencia y ahorro, pues debido a la diversidad de especies vegetales y animales, son la base de vida de la unidad doméstica campesina (Salazar *et al.*, 2015).

Dentro de este esquema de subsistencia se encuentra también la actividad apícola en donde prevalece el esquema de mano de obra familiar y es considerada una actividad complementaria con otras de subsistencia como la agricultura, animales de traspatio y la forestería. Esta actividad además de generar recursos para la familia rural mantiene el arraigo al campo (Güemes *et al.*, 2003). En el ejido se identificó a cuatro productores quienes en conjunto poseen aproximadamente 80 colmenas bajo el modelo de producción apícola campesino.

En cuanto a las actividades forestales solo un productor manifestó tener ocho hectáreas de plantación comercial de cedro y caoba para comercio futuro. Se identificaron otras fuentes de ingreso se obtienen a través del valor de las transferencias gubernamentales como Pago por Servicios Ambientales (PSA) para la realización de trabajos de limpieza de caminos, brechas contra fuego, conservación de suelos, nidos y torres de vigilancia dentro del ejido. Así como





los orientados a incrementar la productividad agrícola como PROAGRO Productivo, Programa Ganadero Nacional (PROGRAN) o inclusive los de inclusión social orientados a mejorar las condiciones de vida como PROSPERA y 70 y más.

En lo que respecta a la línea del tiempo se presentan los hechos más relevantes cronológicamente en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Línea de tiempo de eventos significativos de la comunidad de Nuevo Progreso, Campeche, México.

Año	Evento	Comentarios
1980	Colonización	Familias oriundas de Veracruz, Tabasco e Hidalgo
1984	Constitución del ejido	Se constituyeron como ejido con siete familias provenientes de Hidalgo.
1987	Arribo de más familias	Llegada de más familias a la comunidad provenientes de Tabasco y Chiapas
1988	Huracán Gilberto	Ocasiónó daño en los cultivos y viviendas
1989	Escuela primaria	Se apertura la escuela primaria del ejido inaugurada por la Comisión Nacional de Fomento Educativo (CONAFE).
1991	Escuela Preescolar	Apertura del primer kínder en el ejido.
1995	Huracán Roxanne	Ocasiónó daño en los cultivos y viviendas
1997	Inicia construcción de carretera	Inicia tramo de construcción del ejido-municipio de Calakmul
1998	Finaliza la construcción de carretera	Finaliza tramo de construcción del ejido-municipio Calakmul
2000	Cisterna	Instalación de cisterna de agua potable
2003	Casa ejidal	Construcción de la casa ejidal
2009	Electricidad	Se cuenta con luz eléctrica en las viviendas
2014	Casa de Salud	Se construye la casa de salud
2015	Mejoras en infraestructura	Instalación de cerco para el cuerpo de agua, construcción de galera para la casa de salud

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos de talleres participativos con productores de Loma Iguana/INIFAP-CONACYT Problemas Nacionales 2014 y Arellano (2011).

En lo que respecta a Loma Iguana, la ganadería de doble propósito es la actividad de mayor importancia y esto se debe a que el estado de Veracruz es el principal centro de abastecimiento de producción de carne en canal de bovino, segundo de carne de ave, ovino y porcino (SAGARPA, 2011). Sin embargo, los ranchos del sur del Estado se clasifican por tamaño en pequeños y medianos con 24 y 113 vientres y 18 y 46 vientres en ordeña en promedio por rancho (Valdovinos *et al.*, 2015).





En segundo lugar, se ubicó el cultivo de maíz, en gran medida por el aporte del INIFAP a la región con la liberación de híbridos y variedades para diversos productores de grano a diferente escala como H-520, VS-536 y V-537 (Del Ángel-Pérez *et al.*, 2016). Además de maíz también se cultivó frijol negro y caña de azúcar, así como la siembra dos veces al año de pastos tropicales como el *Digitaria decumbens* (pangola) para hacer heno, forraje y ensilaje por su valor nutricional e importancia económica dentro para la ganadería (Juárez, 2009).

Para este ejido las actividades de traspatio también contribuyen a la autosuficiencia alimentaria rural al disponer de recursos destinados para su consumo y el mercado, situación que ha revalorizado a las actividades de traspatio como uno de los agroecosistemas más diversos y ricos que existen, al proveer en promedio el 63.7% de las necesidades alimenticias (Salazar *et al.*, 2016).

El ingreso familiar se integró principalmente por las aportaciones recibidas de las actividades económicas asalariadas (jornaleros y los empleos generados por el rastro municipal TIF) y las diversas transferencias gubernamentales, que para los hogares rurales representa el 15.2% de los ingresos totales.

Actividades como la pesca es considerada una actividad de esparcimiento, pues con regularidad la realizan aproximadamente 10 personas y las actividades forestales se realizan en áreas reducidas con acahuales que son utilizados como cercos vivos y para la obtención de productos como postes y madera para leña. La línea del tiempo de Loma Iguana la presentamos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Línea de tiempo de eventos significativos de la comunidad de Loma Iguana, Veracruz México.

Año	Evento	Comentarios
1900	Fundación del ejido	Fundación del ejido por tres familias. Nombre original del ejido: Rompe Ollitas
1926	Primaria rural	Inicio de la primera escuela Primaria rural
1935	Entrega de títulos	Se dotó de tierras al poblado denominado "Loma Iguana", Municipio de La Antigua, del Estado de Veracruz, con una superficie total de 500-00-00 Has., para beneficiar a 49 capacitados en materia agraria.
1944	Certificados parcelarios	Entrega de certificados parcelarios





Continúa Cuadro 2...

Año	Evento	Comentarios
1954	Fundación del Campo Experimental Cotaxtla	Fundación del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP que contribuyó al auge de las actividades agropecuarias, además que ha llevado a cabo experimentos sobre mejoramiento genético de maíz, permitiendo la liberación de híbridos y variedades para diversos productores de grano a diferente escala como H-520, VS-536 y V-537.
1963	Energía eléctrica	Introducción de energía eléctrica
1965	Uso de maquinaria agrícola	Inicia el uso de tractores en la agricultura, anteriormente para la siembra de cultivos se utilizaba la yunta de bueyes y caballos
1970	Auge de la agricultura	Destacando la siembra de maíz, frijol. Ajojolí y sorgo escobero, entre otros
1979	Agua potable	Introducción del agua potable
1985	Expropiación de tierras	Se expropia al ejido de "Loma Iguana", Municipio de La Antigua, del Estado de Veracruz, una superficie de 2-71-16 Ha de agostadero de uso común a favor de Petróleos Mexicanos, quien las destinará al alojamiento y derecho de vía del oleoducto Nuevo-Teapa-Poza Rica.
1986	Plaga de langosta	Reporte de incidencia de la plaga
1982	Aparcelamiento	Aparcelamiento de 10 ha por ejidatario
Décadas de los 70 y 80	Establecimiento de parcelas de validación y maíces mejorados	Vinculación con investigadores del Campo Experimental Cotaxtla, teniendo acceso a maíces mejorados; fueron desapareciendo los maíces criollos y la siembra de maíz morado se acostumbra en la celebración de día de muertos. Establecimiento de parcelas de validación con el INIFAP. Antes de los 80 había 2 compradores grandes de maíz, de 1984 al 2000 vendía el maíz a la CONASUPO. Declive de la agricultura en la región de 1988-1994 con el Gobierno de Salinas y el cierre de la CONASUPO.
1989	Estudios antropológicos	Especialistas del Museo de Antropología descubrieron un esqueleto humano. La Universidad Veracruzana también ha realizado estudios antropológicos en el área.
1992	Producción agropecuaria	Producción agrícola: maíz, caña de azúcar. Papaya, frijol, soya, calabaza, sorgo escobero y ganadería.
1992	Rastro Tipo Inspección Federal (TIF)	Inicia operaciones como un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) certificado ante el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) con el registro 353, la Comercializadora e Industrializadora Agropecuaria S.A. de C.V (CIASA TIF 353". Benefician 300 animales/día y son fuente de 400 a 450 empleos.
2000	Construcción de carretera Federal	Carretera pavimentada a Cardel. Antes de esto el medio de transporte era el tren de carga y de pasajeros con rutas Jalapa, Puebla y la ciudad de México. Como principales productos transportados estaban el maíz, frijol, ajonjolí, calabaza, leche y gallinas.





Continúa Cuadro 2...

Año	Evento	Comentarios
2006	Registros de dos pozos profundos	Registros de dos pozos profundos para uso agrícola, pero sin beneficio del ejido de Loma Iguana.
2010	Huracán Karl	El Ejido Loma Iguana, al igual que el resto del Municipio de La Antigua y otros del centro y norte de Veracruz, sufren los efectos del Huracán Karl.
2011	Exportación de carne a Asia	Sale primer contenedor de carne empacada del frigorífico Tipo Inspección Federal (TIF) de Veracruz a Japón. Actualmente cuenta también con certificaciones para exportar a EUA, Vietnam y Rusia.
2007	Construcción del relleno Sanitario	El gobierno municipal de Veracruz, compró, construyó y terminó un relleno sanitario en Loma Iguana, para la disposición final de los desechos municipales, sin embargo no ha podido operar hasta la fecha, porque la empresa encargada de esta obra no cumplió la totalidad del contrato, al no habilitar el acceso que iniciaría en la autopista Veracruz- Cardel a la localidad de Loma Iguana, para transportar la basura.
2014	Incendios	Mayor incidencia de incendios ocasionados por la quema de la caña de azúcar (cada 2-3 años).

Fuente: Elaboración propia con datos de talleres participativos con productores de Loma Iguana/INIFAP-CONACYT Problemas Nacionales 2014 y Del Ángel *et al.* (2016).

En lo que respecta a las características de los productores entrevistados en ambas comunidades de selva húmeda éstas fueron diferentes por ejido. Por ejemplo, la edad promedio estimada para los productores de Campeche fue de 47 años, similar a la reportada en otros estudios realizados en la misma zona, pero a otro grupo de productores, como por ejemplo a productores forestales (Uzcanga *et al.*, 2016), quienes también se ubicaron dentro de la clase de 40-45 años e inclusive esta misma tendencia de edad también se mantiene para agricultores de maíz en condiciones de temporal (Uzcanga *et al.*, 2015). Caso contrario se observó para los productores de Veracruz, cuya edad promedio fue 53 años, diez años mayor que los de Campeche.

La escolaridad promedio se estimó en 7.5 años para Campeche y 6.4 años para los productores de Veracruz. Con relación al tamaño del hogar, se encontró que el número de integrantes por hogar fue de 4.5 en Campeche y 4.4 en Veracruz. Este número de integrantes del hogar es característico a la edad de los productores de ambas comunidades estudiadas ya que, al avanzar la edad del jefe de familia, el hogar se expande por el nacimiento de los hijos y alcanza hasta 4.8 integrantes cuando el productor tiene entre 40 y 49 años (INEGI, 2005).





En cuanto a los ingresos reportados por los productores se observó que el 45.16% de los productores de Nuevo Progreso y Loma Iguana perciben entre \$1,500.00 y \$3,000 pesos mensuales, ingreso que se ubica por encima valor mensual per cápita de bienestar mínimo que contempla solo la canasta alimentaria y es fijado en \$823.95 para las zonas rurales (CONEVAL, 2013). No obstante, los ingresos percibidos en toda la región sur sureste son considerados los más bajos de México (SAGARPA, 2011).

Conclusiones

Para las comunidades de Nuevo Progreso y Loma Iguana la ganadería es la actividad principal. La cría de ganado de doble propósito representa liquidez para el productor por las ventas de leche y carne, al igual que la cría de aves de traspatio. Sin embargo, la agricultura sigue siendo la actividad secundaria de importancia debido al valor que ofrece sobre el abastecimiento familiar. Prevalece el arraigo de cultivos cíclicos característicos del sistema milpa como maíz, frijol y calabaza, mismos que son utilizados para consumo familiar. Los frutales como mango, carambola, aguacate, limón, caña de azúcar y algunas hortalizas como sandía, melón y pepino son característicos del trópico. Debido a la preferencia y vocación de ambas comunidades se observó que el modelo más conveniente a establecer es el sistema silvopastoril, por la poca participación de los productores en actividades forestales.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT por el financiamiento del proyecto Sistemas agroforestales y su relación con el aprovechamiento y protección de su biodiversidad asociada en diferentes ecosistemas de México, del cual se derivó el trabajo.





Literatura consultada

- Arellano, L., Liceaga, M., Herrera, J. y Hernández, H. 2011. Impacto por huracanes en las praderas de *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) en el Caribe Mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 59(1): 385-401.
- Bustos Contreras, D., Espinosa García, J., y Tapia Naranjo, C. 2003. Diagnóstico participativo en comunidades rurales del semiárido de Querétaro y Guanajuato (p. 92). Informe técnico del estado de Querétaro-SAGARPA.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2014. Sistemas agroforestales maderables en México. 2014. Jalisco (México). Obtenido de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/43/6044Sistemas%20Agroforestales%20Maderables%20en%20M%C3%A9xico.pdf>.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). 2013. Líneas de bienestar en México enero 2004 a marzo de 2013. Valores mensuales a precios per cápita. Obtenido de <http://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Lineas-de-bienestar-y-canasta-basica.aspx>
- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2010. Índice de marginación por localidad. Cuadro B.4. México. Obtenido de <http://www.conapo.gob.mx>.
- Del Ángel-Pérez, A., Larqué Saavedra, B., Velázquez, J., Martínez Hernández, M., Rodríguez Montalvo, F., y Vázquez Hernández, M. 2016. Posición comercial regional de los maíces mejorados generados por el INIFAP en Veracruz. *Nova Scientia* 8(17): 614-637.
- Fernández, L. (2006). Técnicas de análisis cualitativo. *Butlletí La Recerca*. Universidad de Barcelona. 13p.
- Geilfus, F. 1997. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación (pp. 36-59). San Salvador: IICA-GTZ. 208 p.
- Güemes, F., Echazarreta, C., Villanueva, R., Pat, J. y Gómez, R. 2003. La agricultura en la Península de Yucatán. Actividad de subsistencia en un entorno globalizado. *Revista Mexicana del Caribe*, (16) 8:117-132.
- Huber, G. 2002. Análisis de datos cualitativos como proceso de clasificación. *Revista de educación*. Universidad de Huelva. 2:141-156.





- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. II Censo de Población y Vivienda. Estructura y composición de los hogares por sexo del jefe de familia. Obtenido de <http://estadistica.inmujeres.gob.mx/myhpdf/50.pdf>
- Juárez, A., Cerrillo, M., Gutiérrez, E., Romero, E., Colín, J. y Bernal, H. 2009. Estimación nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. *Revista Técnica Pecuaria en México*. 47(1): 55-67.
- Pérez, E., Aguilar, W., Ortiz, J., Flores, J., & Gómez-Varela, C. 2015. Manejo y aprovechamiento del del k'oxolaak (*Spartina spartinae* [Trin] Merr. ex Hitchc) para el techado de construcciones tradicionales y turísticas en Yucatán, México. *Revista Teoría y Praxis*. 17:145-161
- Rojo, G., Martínez, R., & Jasso, J. 2009. Diagnóstico forestal comunitario participativo. pp. 1-38. In R. Martínez, A. Reyna & B. Ramírez, *Diagnostico Social Comunitario*. (1st ed.,). México: Universidad Autónoma Indígena de México, Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.
- Salazar, L., & Magaña, M. 2016. Aportación de la milpa y el traspatio a la autosuficiencia alimentaria en las comunidades mayas de Yucatán. *Revista de estudios sociales*. 24(47):182-203.
- Salazar, L., Magaña, M., & Latournerie, L. 2015. Importancia económica y social de la agrobiodiversidad del traspatio en una comunidad rural de Yucatán, México. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 12(1):1-14.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. *Región Sur Sureste Vocación y Desarrollo*. México. 37p.
- Uzcanga P., N., Maya M., A., Del Ángel P., A., & Cano G., A. 2016. Análisis clúster para la identificación de grupos de productores forestales del estado de Campeche. p. 671-686. In F. Gallardo-López, *Innovando el Agro Veracruzano 2016*. Frente a los retos de la relación Sociedad-Naturaleza. Veracruz, México.: Colegio de Postgraduados.
- Uzcanga Pérez, N., Cano González, A., Medina Méndez, J., & Espinoza Arellano, J. 2015. Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana De Agronegocios*, México. 36(1): 1295-1305.
- Valdovinos, M., Espinoza, J. y Vélez, A. 2015. Innovación y eficiencia de unidades bovinas de doble propósito en Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36(1):1306-1314.





ADOPCIÓN DE ECOTECNOLOGÍAS EN EL MEDIO RURAL DE LAS ALTAS MONTAÑAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Diana Laura Barradas León²⁹⁸, María de Jesús Bonilla Vásquez²⁹⁸, Salvador Partida Sedas^{298*} y Adán Cabal Prieto²⁹⁸

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el conocimiento, manejo y grado de adopción que representan las ecotecnologías para las comunidades rurales de la región de las altas montañas del estado de Veracruz, para ello se diseñó y aplicó un cuestionario a un total de 60 alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco provenientes y residentes en este territorio. Los resultados muestran que un 78.3% de los encuestados tiene conocimiento sobre que son las ecotecnias y el resto dijo desconocer sobre estas y su funcionamiento; la estufa ahorradora de leña es la ecotecnia de mayor adopción con un valor del 45%, seguida de la captación de agua de lluvia con 8.3% y posteriormente el baño seco y el calentador solar de agua con un 6.7%. Se concluye que el medio rural de las altas montañas del estado de Veracruz, es un área potencial para la adopción y aprovechamiento de ecotecnias por lo que se requiere diseñar estrategias para su adopción a un mayor número comunidades con necesidades básicas urgentes, y se vuelve imprescindible fomentar su uso en el medio rural.

Palabras clave: ecotecnias, medio rural, conocimiento

Introducción

La tecnología ha sido concebida como una herramienta con la que transformamos el mundo, como ciencia aplicada, como un producto cultural o como el brazo articulado del sistema social (Ángel-Maya, 1997). Esta transformación del mundo busca principalmente resolver las

²⁹⁸ Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Colonia Reserva Territorial, Huatusco de Chicuéllar, Veracruz, México. C.P. 94100. *partidasedassalvador@gmail.com





necesidades humanas, por lo que las tecnologías deben adaptarse al usuario y sus características socio-culturales, lo anterior ha generado una desigualdad tecnológica pues la mayoría de las innovaciones tienen poco alcance en zonas rurales y familias con bajo nivel adquisitivo. El panorama actual indica que los avances tecnológicos han olvidado a las comunidades rurales, cuyas necesidades de mejora en la calidad de vida son mayores y son estas las menos beneficiadas. En este sentido, se han desarrollado tecnologías conocidas como ecotecnias, tecnologías de autoayuda o de pueblo, a las cuales todo el mundo puede tener acceso y no son limitadas únicamente a aquellos que tienen poder adquisitivo. En México, de acuerdo con datos recabados por Conacyt a través del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, el 46.2 por ciento de la población vive en condiciones de pobreza, lo que significa que casi la mitad de los habitantes presenta desnutrición, no tiene acceso a servicios de salud, educación, agua potable o seguridad social, además posee muy bajos ingresos y condiciones precarias en su vivienda (CONEVAL, 2016). Las ecotecnias fueron desarrolladas principalmente para resolver las necesidades básicas presentes en las zonas rurales, como: agua entubada, saneamiento, energía limpia para cocinar, electricidad, manejo adecuado de residuos, entre otras. En este contexto las ecotecnologías juegan un papel importante, al ser consideradas como “una tecnología a la cual todo el mundo puede tener acceso y que no está reservada sólo para aquellos que ya son ricos y poderosos” (González, 2015).

Este tipo de tecnologías permiten un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y han sido diseñadas para resolver los problemas específicos de las comunidades; destacando que la crisis ambiental y socio ecológica se manifiesta en cada país con particularidades propias debido a la combinación sui generis de factores naturales, sociales, económicos, culturales y políticos (Gavito *et al*, 2017). Las ecotecnologías a diferencia de tecnologías digitales o industriales, son utilizadas, mantenidas y producidas localmente, aunque gran parte de su funcionamiento recae en energía humana; son caracterizadas por su adaptación a las circunstancias ambientales, étnicas, socioeconómicas y culturales de los usuarios, se puede decir que son tecnologías poco sofisticadas y, por lo general se usan para la mejora de procesos más que de productos (Morfín, 2014). Por su parte, Ortiz *et al*. (2014) proponen que las ecotecnias deben cumplir con el enfoque de “satisfacer las necesidades básicas y mejorar la calidad de vida de los usuarios en condiciones de pobreza y marginación para





alcanzar una vida satisfactoria y en armonía con su entorno”. A través de las ecotecnias se busca un modelo que contribuya a reducir la pobreza y vulnerabilidad de la población en las áreas rurales, que son olvidadas por el modelo tecnológico actual a pesar de tener carencias agudas en necesidades básicas. El desarrollo de las innovaciones ha sido impulsado por temas de energía como la crisis energética y presión internacional para frenar el calentamiento global.

Así mismo las ecotecnologías que se están desarrollando actualmente en el país, son domésticas y no se apartan de los problemas ambientales y el uso irracional de los recursos naturales. A pesar del enfoque que tienen las ecotecnias hacia la mejora de la calidad de vida en las comunidades rurales, el trabajo que se realiza en México es aún incipiente. En este sentido la clave para un mejor desarrollo de las ecotecnologías se encuentra inmersa en la educación como generadora del cambio social, pues como afirma (González, 2015) “permite conocer, concientizar y desarrollar habilidades, presentar ciertas actitudes y por tanto dan herramientas a las personas para incorporarse de manera productiva a la sociedad” y este enfoque en la actualidad de México es escaso. De la mano con el papel que juega la educación en el desarrollo de estas tecnologías, se debe tener presente la importancia que presenta la comunidad científica en esta labor, pues como afirman (Gavito *et al*, 2017) “la innovación ecotecnológica hace énfasis en ligar y armonizar la generación continua de conocimiento que puede ser científico en el sentido estricto o provenir del dialogo de saberes con las comunidades o actores sociales para convertirlo en nuevos productos/procesos/métodos”.

Mediante estas tecnologías es posible el manejo eficiente y múltiple de los recursos naturales, potenciar el desarrollo de capacidades locales y la inclusión social. Incluso está demostrado que los procesos de transferencia tecnológica pueden constituirse también como estrategias de educación, de innovación y de desarrollo social. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el conocimiento, manejo y grado de adopción que representan las ecotecnologías para las comunidades rurales de la región de las altas montañas del estado de Veracruz.





Materiales y métodos

Se diseñó un instrumento de investigación aplicado a alumnos de los siete programas de licenciatura inscritos en el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco y provenientes de localidades rurales de los municipios localizados en las altas montañas del estado de Veracruz con objeto evaluar los siguientes aspectos relacionados con las ecotecnias en el medio rural: a) Conocimiento de las ecotecnias, b) Grado de adopción, c) Barreras de implementación y d) Mecanismos y necesidad de aplicación en comunidades.

Por las características del proyecto de investigación, se indagó directamente a los alumnos con residencia en comunidades rurales respecto a su conocimiento, manejo y relación con las ecotecnologías y posteriormente, se recopiló la información y evaluaron los resultados obtenidos.

Descripción del Sitio de estudio

El Instituto Tecnológico Superior de Huatusco es una institución pública de educación superior localizada en el municipio de Huatusco, Veracruz. Atiende principalmente a la población urbana y rural proveniente de la región de las altas montañas del estado en programas educativos en modalidad escolarizada y flexible con clases los sábados, actualmente cuenta con una matrícula de 2,640 alumnos, distribuidos en siete programas educativos (seis de ingeniería y una licenciatura). La región de las altas montañas comprende 57 municipios que se localizan en la confluencia de la sierra madre del sur, el eje neo volcánico y la llanura costera del sur del estado de Veracruz (Figura 1). Cuenta con una superficie de 6,053 km² que representa el 8.4 % del territorio estatal, ocupando el quinto lugar por su extensión territorial. En 2010, habitaban en ella 1.4 millones de personas, 18.3% de la población estatal, lo que la convierte en la más poblada de la entidad (SEFIPLAN, 2013).



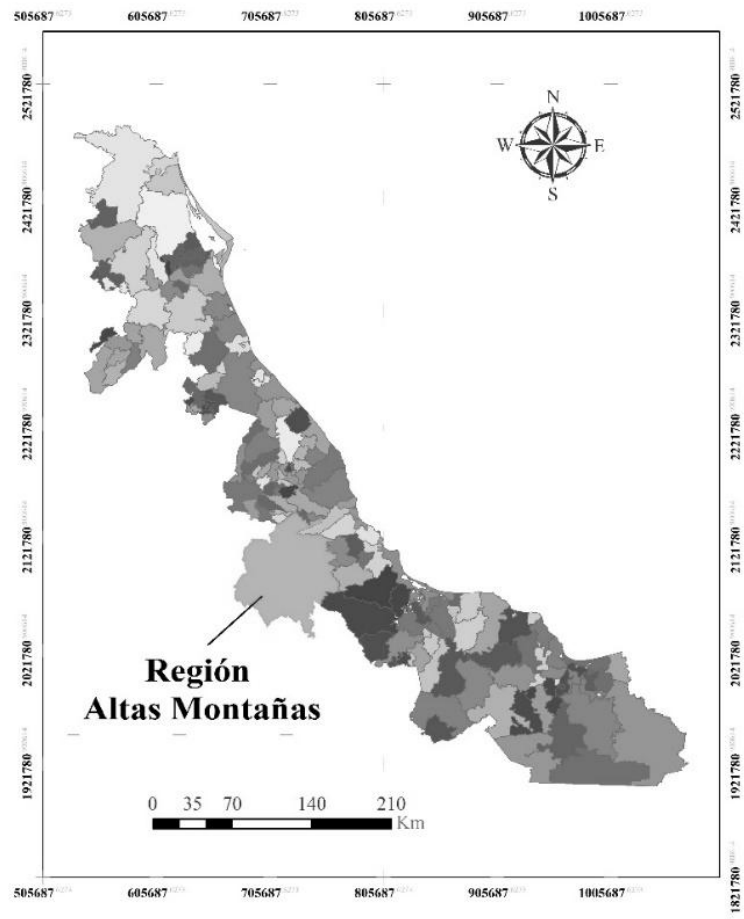


Figura 1.- Región de las altas montañas, zona de influencia del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.

Resultados y discusión

La aplicación del cuestionario se realizó a un total de 60 alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco provenientes de comunidades rurales e inscritos dentro del sistema escolarizado en los programas de: 1. Ingeniería industrial, 2. Ingeniería en industrias alimentarias, 3. Ingeniería en sistemas computacionales, 4. Ingeniería electromecánica, 5. Licenciatura en Contaduría, 6. Ingeniería en gestión empresarial y, 7. Ingeniería ambiental. Del total de entrevistados, 60% fueron hombres y 40% mujeres y la edad promedio de los estudiantes fue de 20 años 8 meses, con 4.7 semestres de escolaridad promedio de licenciatura, todos provenientes de 20 municipios y 44 comunidades rurales de los estados de Veracruz y dos municipios del estado de Puebla, limítrofes con Veracruz. Por lo



observado en los resultados de los encuestados, se aprecia que todos cuentan con un nivel educativo alto y relacionado con temas específicos de ciencia y tecnología. Sin embargo, uno de los retos que representa la adopción de ecotecnologías en el medio rural es el conocimiento y aplicación que de ellas se tiene, por tal motivo, se planteó una serie de cuestionamientos relacionados con su nivel de conocimiento de las ecotecnias, el tipo adoptado en su comunidad, el tiempo que tienen de saber de ellas en su comunidad y el medio por el cual llegaron, destacando lo siguiente:

- a) Conocimiento de las ecotecnias. Para hacer frente a los retos que representa la implementación y adopción de las ecotecnias en el medio rural, se encontró que un 78.3% de los encuestados tiene conocimiento sobre que son las ecotecnias y el resto dijo desconocer sobre estas y su funcionamiento.
- b) Ecotecnias implementadas. Las ecotecnologías, ya sean dispositivos o prácticas, son interfaces a través de las cuales interactuamos con los ecosistemas y establecemos relaciones que promueven el bienestar. En la región de las altas montañas han sido implementadas diversas ecotecnias, cuyo porcentaje de implementación y adaptación se ilustra en la Figura 2.

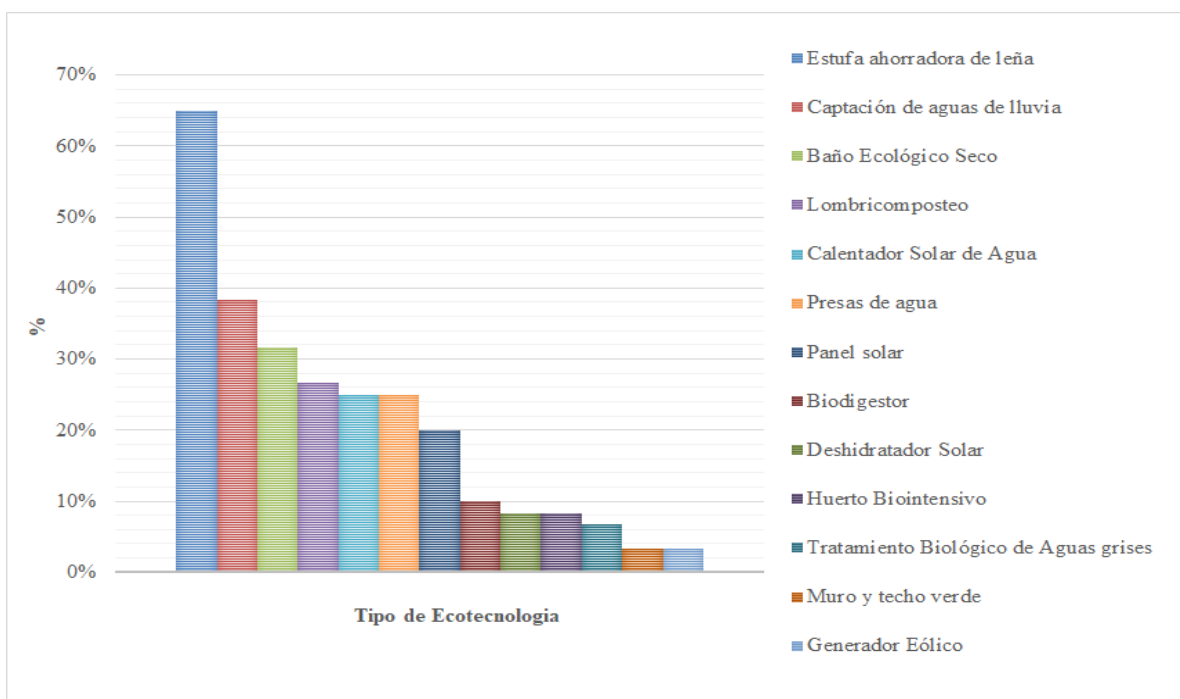


Figura 2. Tipo de ecotecnología implementada en la región de las altas montañas en el estado de Veracruz.





Los resultados indican que la estufa de leña es la ecotecnia de mayor implementación, ya que se encuentra presente en el 65% de las localidades rurales estudiadas. Como segunda ecotecnia, la captación de agua de lluvia se ha implementado en un 38.3% y en tercer sitio está la adopción del baño seco el cual representa el 31.70% del total de las localidades, destacando que esta es utilizada como respuesta a la ausencia de red de agua potable y drenaje en su comunidad. Tiempo de implementación de las ecotecnias en las comunidades rurales de las altas montañas de estado de Veracruz. Cuando se cuestionó a cerca de tiempo que las ecotecnias fueron introducidas en su localidad, un 20% reportó que tienen conocimiento de las mismas desde aproximadamente 1 a 3 años, el 30% dijo tener aplicación y uso de las mismas entre 3 y 5 años, un 15% afirmó que en su comunidad las ecotecnias llegaron hace más de 5 años, por su parte, el 5% del total de la población encuestada contestó que éstas llegaron a su comunidad desde hace poco menos de 1 año y el restante respondió no tener conocimiento del tiempo en el cual fueron introducidas. A pesar que (Morfín, 2014) establece que las ecotecnologías forman parte de otras tecnologías intermedias hace más de 30 años, estas han tenido un gran auge en todo el mundo y han sido aceptadas por diversos líderes políticos y financiadas por agencias internacionales de desarrollo, así como por algunas industrias y universidades, se puede notar que en nuestra región, su difusión y adopción ha sido reciente.

- c) Ecotecnologías más utilizadas. Del conjunto de respuestas obtenidas por parte de los encuestados, se requirió medir cual de todas ellas ha sido adoptada y utilizada en cada una de las comunidades, encontrando que el mayor porcentaje corresponde a la estufa ahorradora de leña, con un valor del 45%, seguida de la captación de agua de lluvia con 8.3% y posteriormente el baño seco y el calentador solar de agua con un 6.7%, lo anterior se puede apreciar mejor en la siguiente figura:



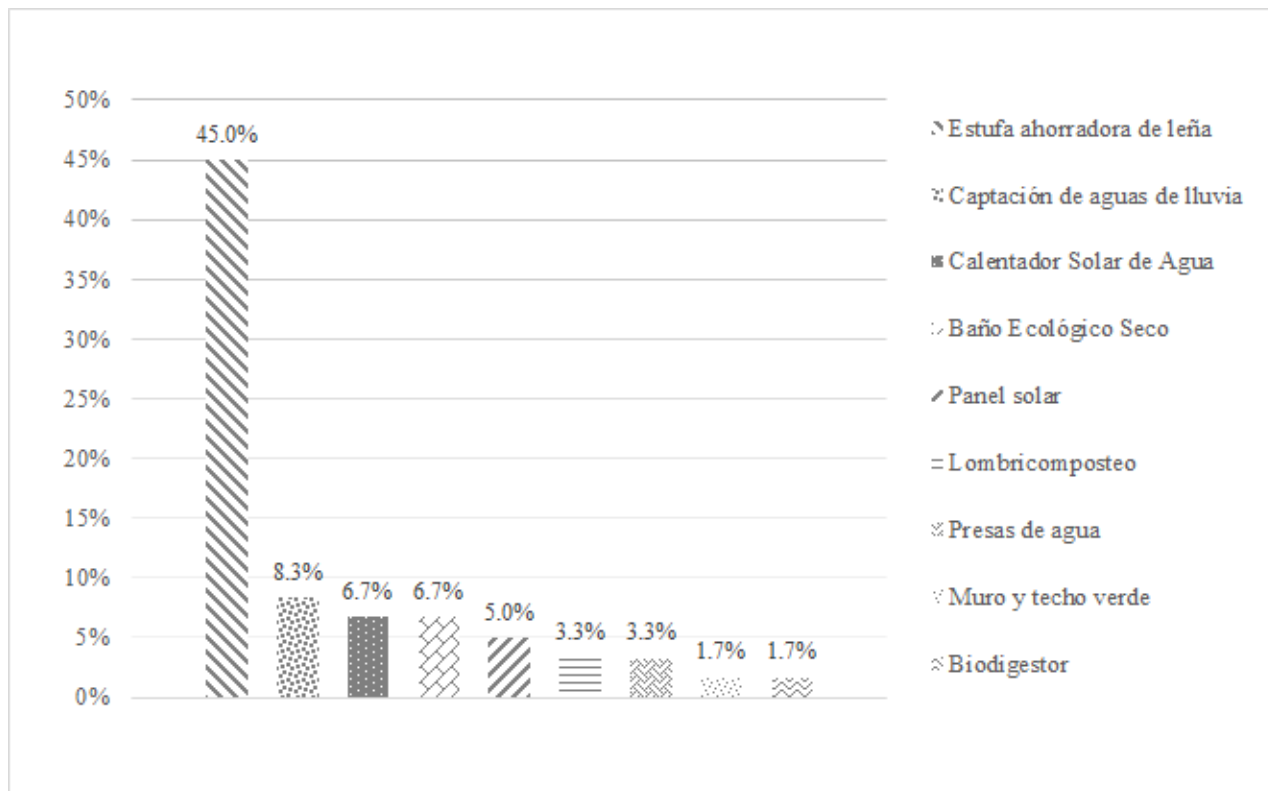


Figura 3. Utilización de las ecotecnias en la región de las altas montañas en el estado de Veracruz.

También fue importante conocer las razones por las que fueron implementadas dichas ecotecnias dentro de sus localidades, en este sentido, un alto porcentaje de los encuestados indicó que estas se implementaron debido a los beneficios ecológicos y económicos que aportan, así como por un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y las condiciones ambientales, aunado a su accesibilidad técnica y económica de uso y diseño. En el caso particular de estufa ahorradora de leña, que es la ecotecnia más utilizada, se mencionó su capacidad para reducir el consumo de leña y el beneficio para reducir los riesgos de daño a la salud.

- d) Medio de adopción de las ecotecnias. Los medios por los cuales se han implementado las ecotecnias en las localidades rurales de las altas montañas del estado de Veracruz, se indican en la Figura 4.



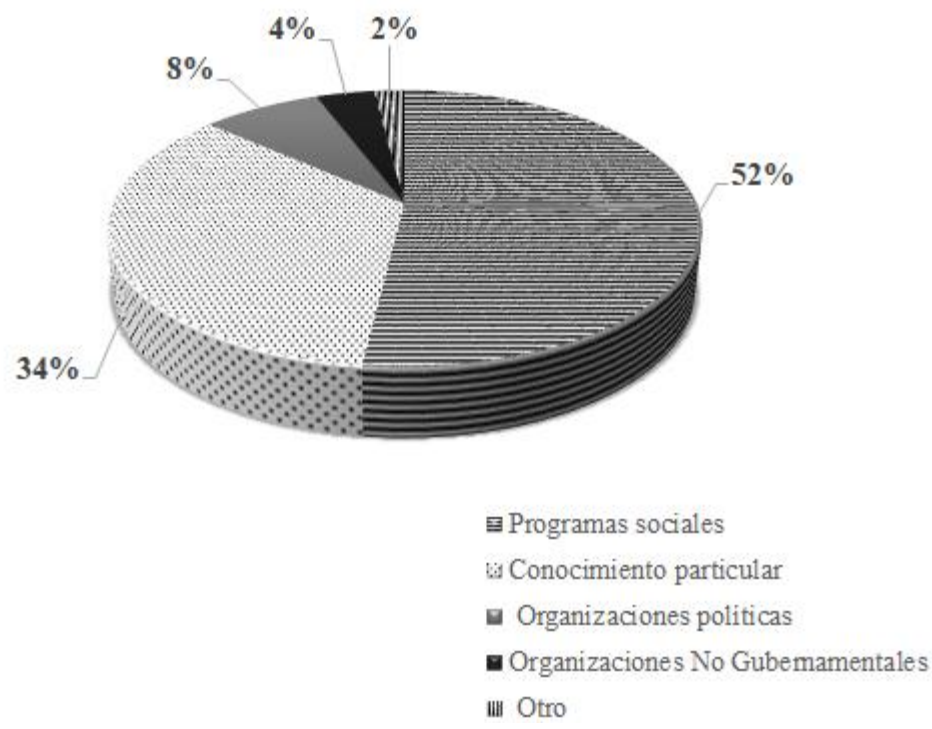


Figura 4. Medios de adopción de las ecotecnias en la región de las altas montañas en el estado de Veracruz.

Con respecto a los resultados en este apartado, se puede observar el rol que los programas sociales han tenido en la implementación de ecotecnias; así mismo, destaca el conocimiento particular sobre este tipo de ecotecnias, lo cual ha contribuido significativamente a su adopción. Lo anterior concuerda con lo planteado por Gavito y colaboradores quienes indican que los procesos de innovación, adaptación y modelación son aspectos que requieren de la combinación de conocimiento local y científico sólido en ecología, pues son los actores locales deben ser abordadas bajo el panorama de las ecotecnias.

- e) Adopción de las ecotecnias. Para la segunda etapa del análisis se evaluó el grado de adaptación de las ecotecnologías en las localidades rurales estudiadas, apoyándose en los beneficios que estas representan dentro de los hogares, pues como lo plantea (Ruiz-Mercado *et al.*, 2011) las ecotecnias se aceptan y se adoptan, si funcionan para obtener el beneficio que deseamos y si las comunidades que las usan se apropian de ellas, las hacen parte de sus vidas, las mejoran o las generan. En esta segunda parte de la encuesta los entrevistados mencionaron los diferentes beneficios observados en su



comunidad una vez establecidas las ecotecnias, destacando su desempeño ambiental y energético, así como el ahorro económico y de combustible, según sea el caso. La Figura 5 indica las consideraciones de los entrevistados respecto a los beneficios de la adopción en ecotecnologías en sus comunidades:

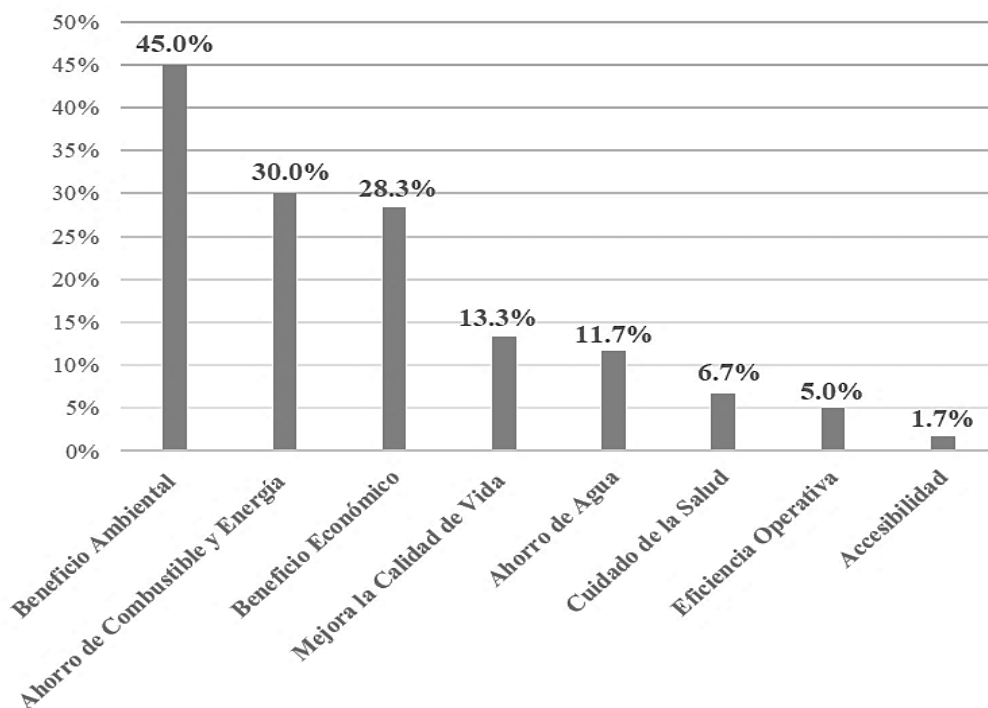


Figura 5. Beneficios de la adopción de ecotecnologías en comunidades rurales en la región de las altas montañas en el estado de Veracruz.

f) Barreras de implementación. La forma en que ocurren los procesos ecotecnológicos de innovación, adopción y apropiación determina de manera crítica la funcionalidad que, en el largo plazo tendrán las ecotecnias para cualquier beneficio ambiental o socio-ecológico tangible (Ruiz-Mercado *et al.*, 2011); por tal razón, es preciso conocer cuáles son las barreras que impiden un desarrollo apropiado de las ecotecnias. En este sentido, a través de la encuesta se determinaron los principales impedimentos para la adopción de las ecotecnias en el medio rural de las altas montañas, mismos que se indican a continuación en orden de importancia:

- Falta de conocimiento
- Empatía con las ecotecnologías
- Razones económicas





- Inoperancia de los programas oficiales Dificultad técnica
 - Falta de tiempo
- g) Necesidad de las ecotecnias en las comunidades. Para conocer el alcance que deben tener las ecotecnias es imprescindible tomar en cuenta la necesidad que tienen las comunidades de su aplicación. De acuerdo a las cifras obtenidas al planteamiento de la necesidad de las ecotecnias en las localidades rurales de las altas montañas de Veracruz y las razones por las cuales deben ser aplicadas se expone lo siguiente:
- El 91.7% de la población estudiada considera necesario el uso de las ecotecnias debido a su contribución en la mejora de la calidad de vida, cuidado al medio ambiente y reducción de la contaminación, así mismo reconocen los beneficios económicos y de ahorro de energía que estas proporcionan. Sin dejar de lado la concientización ambiental y la conservación de los recursos naturales que se logra.
 - El 8.3% restante no considera necesario el uso de ecotecnias en su comunidad.
- h) Mecanismos de adopción de las ecotecnias en la vida cotidiana. Finalmente, la última parte de la encuesta corresponde a las consideraciones de la población para la adopción de ecotecnias y cuyos resultados son presentados a continuación de acuerdo a su grado de importancia.
- Mediante información y capacitación
 - A través de sensibilización
 - Mediante su adopción
 - A través de desarrollo de proyectos
 - Para reducir costos
 - Para mejorar la calidad de vida

Los resultados planteados por la población de estudio, se encuentra dentro de la realidad que vive el país actualmente, y tiene una relación directa con los retos planteados en el *primer encuentro Nacional de ecotecnias* para el impulso de las ecotecnias en México, en donde sobresalen la masificación de la difusión de tecnologías, la sensibilización y fomento de la participación y las alternativas de financiamiento a corto y largo plazo (CIECO-UNAM, 2012).





Conclusiones

1. El medio rural de las altas montañas del estado de Veracruz, es un área potencial para la adopción y aprovechamiento de ecotecnias, no sólo por su diversidad biológica sino también por el conocimiento que se tiene acerca de ellas. De acuerdo con los resultados obtenidos, se requiere fortalecer la información con la que cuenta la población de las localidades rurales, en términos de lo anterior, el aprendizaje y la sensibilización son un factor clave, estos, deben ser trabajados en conjunto con la comunidad científica y tecnológica, pues finalmente son las habitantes de las comunidades quienes conocen sus necesidades y también sus recursos. 2. Uno de los errores más comunes en la implementación de las ecotecnologías, no sólo en la región de estudio sino en la mayor parte del país, donde la gran mayoría de los municipios presenta carencias relacionadas con la satisfacción de necesidades básicas, es el hecho de que la creación y asimilación de la tecnología no está alineada a las necesidades de la comunidad en cuestión, lo cual atenúa su adopción por parte de las familias. Aunado a lo anterior, la falta de seguimiento o monitoreo a la implementación, son problemas que disminuyen la replicación de las ecotecnias, pues los casos financiados por parte de los programas de gobierno, una vez instalada la ecotecnia, ahí concluye ese proceso y esto impide medir el éxito de su implementación, si se generó un beneficio, si se adaptó a las necesidades de las familias o logró los objetivos de sustentabilidad por los que fue diseñado. 3. Se requiere diseñar estrategias que permitan la adopción de ecotecnias en un mayor número comunidades con necesidades básicas urgentes, y se vuelve imprescindible fomentar el uso de ecotecnias en el medio rural.

Literatura consultada

- Ángel-Maya, A. 1997. Desarrollo Sostenible o cambio cultural. Cali: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.
- CIECO-UNAM. 2012. Primer Encuentro Nacional de Ecotenologías en el Medio Rural. Morelia: Grupo GIRA.





- CONEVAL.2016. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. México, D.F.: Secretaria de Desarrollo Social.
- Durán, P. A.2016. Adopción ecotecnológica en México. Morelia, Michoacán.
- Gavito-M., Aldasoro, M., Ayala-O, B., Bullen, A., Cach_P, M., & Casas-F, A. 2017. Ecología, Tecnología e Innovación Para La Sustentabilidad: Retos Y Perspectivas En Mexico. *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 150 - 160.
- González, L. 2015. Ecotecnologías, autoempleo y sustentabilidad en línea; una triada de formación necesaria en la actualidad. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*.
- Morfín, P. U.2014. Aprendizaje y tecnología. Transferencia y adopción de biodigestores: el caso de las comunidades de la Sierra de Pénjamo, Guanajuato. Leon, Guanajuato.
- Orozco S, C., Jimenez Sanchez, L., Estrella Chulln , N., Ramírez Valverde, B., Peña Olvera, B. V., Ramos Sánchez, A., & Morales Guerra, M. 2017. Escuelas de campo y adopción de ecotecnia agrícola. *Ecosistemas*.
- SEFIPLAN. 2013. Programas Regionales Veracruzanos 2013-2016: Región de las Altas Montañas. Xalapa: Gobierno del Estado. Recuperado el 20 de Junio de 2018, de <http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2014/04/tf07-pr-montana.pdf>





DISEÑO DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR

María del Carmen Álvarez Avila^{299*}, Adlay Reyes Betanzos³⁰⁰, Saraí Jáuregui Arenas³⁰¹ y Lorena Patricia Sánchez Márquez³⁰²

Resumen

Los principios conceptuales del proceso de Investigación-Desarrollo, son la base para el Modelo de Gestión que ha sido aplicado en el diseño de agroecosistemas tropicales en unidades de producción familiar. Las fases del modelo que se propone son: motivación; diagnóstico, investigación aplicada, investigación básica, en estrecha relación con la investigación aplicada, diseño de estrategias para el desarrollo comunitario, desarrollo comunitario y evaluación en cada fase para retroalimentar el proceso y permitir medir logros y redefinir rumbos. El objetivo planteado es diseñar agroecosistemas en unidades de producción familiar. Los resultados se evidencian en las siguientes investigaciones: Agrobiodiversidad y manejo del huerto familiar, su contribución a la seguridad alimentaria, en una localidad del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz; Diseño de una empresa familiar productora y comercializadora de café y Caracterización de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAs) de Orquídeas. A partir del conocimiento de las unidades de producción (diagnósticos) y de la investigación aplicada generada en los centros de investigación (Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, Centro Regional Universitario de Oriente, Universidad Autónoma de Chapingo y del Centro de Investigaciones para el Trópico de la Universidad Veracruzana), los resultados más importantes alcanzados han sido: en la primera investigación, la concientización de la relación que guardan los patios familiares en la alimentación, existe un aporte importante de alimentos a la dieta habitual, la evaluación de lo aprendido en los talleres de intercambio de saberes, generó un recetario con platillos balanceados, confeccionados a partir de los productos del patio o huerto; en la

²⁹⁹ Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados. malvareza@colpos.mx.

³⁰⁰ CITRO-UV.

³⁰¹ Universidad Politécnica de Huatusco.

³⁰² Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados.





segunda, la empresa productora y comercializadora de café, es un prototipo que puede ser adoptado en regiones del país de acuerdo a las necesidades específicas de cada tipo de cafecultor y en la última, se evidencia que la potencialidad de las UMAs de orquídeas está latente, sin embargo se hace necesario que se estrechen vínculos solidarios entre los sectores académicos, gubernamentales y productivos para poder trabajar persiguiendo un fin común, sino es así el éxito de la UMA como unidad productiva está destinada a fracasar. La premisa fundamental ha sido el trabajo con la gente.

Palabras clave: seguridad alimentaria, gestión comunitaria, agroempresas familiares

Introducción

La agricultura familiar se basa esencialmente en la mano de obra de los integrantes de este núcleo, las actividades que contempla son diversas: agrícolas, pecuarias, silvícolas, acuicultura y unidades de manejo ambiental. En México está constituida por la parcela (finca o granja en otros países), y por el patio, solar o huerto familiar. Estos dos sistemas generalmente se complementan, no compiten entre sí, ya que los diferentes procesos de producción (parcela y solar) establecen flujos de productos de uno hacia otro, la producción de ambos se concentra y la familia decide sobre su destino final ya sea para autoconsumo o para venta. La agricultura familiar agrupa cerca del 81% de las explotaciones agrícolas en América Latina y el Caribe, provee: entre 27% y 67% del total de la producción alimentaria; ocupa entre el 12% y el 67% de la superficie agropecuaria, y genera entre el 57% y el 77% del empleo agrícola en la región (Leporati, *et al*, 2014, citando a FAO-BID, 2007; FAO, 2012). La unidad de producción familiar considera como elemento fundamental a la familia para la organización de las actividades a desarrollar, pues ellos deciden qué y cómo producir, la distribución de la mano de obra, el dinero y el tiempo disponible entre actividades. Aunque los excedentes a veces son comercializados, esto no garantiza el sustento familiar, por lo que recurren a la venta de fuerza de trabajo como albañiles, jornaleros y algunas actividades comerciales y de servicio.





Las unidades de producción agrícola de acuerdo a Acosta y Rodríguez (2005), se pueden clasificar en base a las siguientes variables: **agricultura familiar de subsistencia**, la residencia de la familia está en la unidad de producción, la mano de obra familiar es la principal fuerza de trabajo, la extensión de tierra no le permite cubrir las necesidades básicas y el destino principal de su producción es el autoconsumo; **agricultura familiar**, el productor vive en el predio, utiliza mano de obra familiar como principal fuerza de trabajo, puede contratar mano de obra ocasional en etapas específicas del ciclo de producción, la extensión de su predio genera excedentes productivos que le permiten obtener ingresos, el destino de la mayor parte de su producción es el mercado; **agricultura empresarial**, el productor no vive necesariamente en el predio, utiliza como principal fuerza de trabajo mano de obra asalariada temporal y permanente, la extensión de su predio genera amplios excedentes productivos, el destino de la producción es el mercado. La agricultura familiar como agroecosistema, se basa en sus recursos (componentes), flujos e interacciones. Los sistemas agrícolas familiares cuentan con características específicas relacionadas con el acceso a recursos y a los particulares modos de vida. Éstos también consideran la producción y crianza del ganado, pesca, agroforestería, actividades de caza y recolección, así como el ingreso extra predial que aporta significativamente al sustento de muchos de los hogares rurales de bajos ingresos. Estas condiciones no son privativos de áreas rurales, ya que existen niveles significativos de agricultura urbana en muchas ciudades y pueblos de un sinnúmero de países en desarrollo. Las unidades de producción familiar contemplan las parcelas comerciales, su producción se destina mayormente a este fin y el solar o huerto familiar para el auto abasto de la familia. El solar, patio o huerto familiar, es el espacio que circunda la casa habitación y que proporciona a la familia bienestar, sus productos constituyen un complemento alimenticio en los años buenos y un recurso esencial en los años de escasez (Terán y Rasmussen, 1994). El grupo de trabajo, financiado por Fundación Rockefeller, lo definió como, el agroecosistema con raíces tradicionales en el que habita la unidad familiar y donde los procesos de selección, domesticación, diversificación y conservación están orientados a producción y reproducción de flora y fauna en estrecha relación con la preservación y enriquecimiento de valores culturales y generación y apropiación de tecnología (REDSOL, 1997).





En nuestro país las condiciones de marginación se han incrementado, los programas de combate a la pobreza y de producción a gran escala no han logrado revertir estas tendencias, los programas gubernamentales que apoyan a la agricultura familiar no respetan sus formas de cultivo, lo hacen mediante paquetes tecnológicos diseñados jerárquicamente sin considerar las condiciones socioculturales y bioclimáticas de cada región. Sin embargo se privilegia a la agricultura empresarial, tal es el caso del programa “PROCAMPO”, es así que en los informes gubernamentales, se resalta el apoyo multimillonario que se destina al campo. En el caso de los solares, se les dota en las regiones tropicales, de “canastas de semillas” de hortalizas de climas templados. O bien de pies de cría de animales con dudosa salud y sin considerar la infraestructura que necesitan para su crianza, ni la alimentación que les deben proporcionar. Lo que a veces ocasiona mayores gastos a la familia, invirtiendo más de lo que obtiene, por lo que optan por utilizar esta crianza como una alcancía, para en eventos especiales sacrificar a los animales, para la comida del festejo. La importancia del solar no sólo radica en el aporte de insumos comestibles, si no en la interrelación entre los miembros de la familia, para la procuración de su bienestar. Por lo antes expuesto, se plantea como objetivo del presente trabajo, diseñar agroecosistemas en unidades de producción familiar, para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional (desarrollo humano) y a la seguridad económica (desarrollo económico) y en su caso, la constitución de agroempresas familiares.

Materiales y métodos

Se basa en la adaptación del proceso de Investigación-Desarrollo, (Olguín, 1992), y de Investigación-Desarrollo-Innovación (Cazorla, *et al.*, 2004), a un Modelo de Gestión (Álvarez, *et al.*, 2011) que comprende las siguientes fases: **Motivación**, se identifican los grupos que presentan interés, con los que se continúa trabajando mediante talleres de reflexión y análisis, hacia etapas más avanzadas de un proceso de investigación y experimentación participativas, estrechamente ligado a la promoción del desarrollo comunitario y micro regional. **Diagnosis**, diagnósticos socioeconómicos (región, comunidad, grupo de trabajo); de salud y nutricios (grupo de trabajo) y físico biológicos (unidades de producción).





Investigación aplicada, generada por el grupo interdisciplinario del COLPOS (Álvarez, *et al.*, 2015). **Investigación básica**, se encuentra en estrecha relación con la investigación aplicada, generando interrelaciones cíclicas en el modelo. **Diseño de estrategias para el desarrollo comunitario**, talleres de reflexión y análisis en donde a partir de los resultados de los diagnósticos y de la investigación aplicada se realiza un análisis FODA para definir las estrategias de acción, las acciones, indicadores, responsables y tiempos. **Desarrollo comunitario**, según las estrategias definidas en la etapa anterior, se realiza la capacitación, en la cual se basa la investigación participativa que se realiza en las unidades de producción. **Evaluación**, en cada nivel de actuación de las fases del proceso, retroalimentándolo y permitiendo medir logros y redefinir rumbos permanentemente. La Figura 1 presenta las fases del modelo propuesto y la relación entre las diferentes fases.

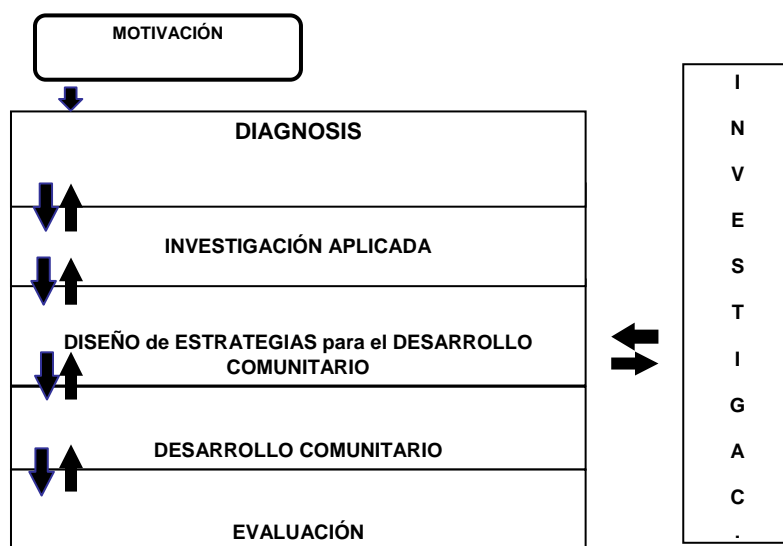


Figura 1. Modelo de gestión para el diseño y operación de unidades de producción familiar
Fuente: (Álvarez, *et al.*, 2011)

Resultados y discusión

Los resultados que se presentan corresponden a tres investigaciones e implementaciones: Agrobiodiversidad y manejo del huerto familiar, su contribución a la seguridad alimentaria, en una localidad del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz (Reyes, 2014). El trabajo se realizó





en la comunidad de Bandera de Juárez, ésta se ubica en el municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, a 102 msnm, con una población de 733 habitantes de los cuales 357 son hombres y 376 mujeres (INEGI, 2011). En esta investigación se adaptó el modelo de gestión, considerando las fases de motivación, diagnóstico, investigación aplicada, desarrollo comunitario y evaluación de la gestión.

Motivación. Se hizo una convocatoria abierta para trabajar de forma participativa en los huertos, a la primera reunión asistieron 30 mujeres, de acuerdo al interés para participar en el proceso, el grupo se conformó por diez familias.

Diagnóstico. Se trabajó con 10 unidades de producción. Diagnósticos de la biodiversidad vegetal cultivada, se identificaron 75 especies de plantas, distribuidas en 39 familias botánicas, el número más alto de especies encontradas por unidad de producción familiar, fue de 27 y el más bajo de 6, que corresponde a un huerto de reciente formación. De acuerdo al uso se detectaron, 45 especies comestibles (59%): 25 frutales, 9 hortalizas y 13 leguminosas. Los otros usos que se encontraron son: ornamentales 8 (cactáceas y flores), que representan el 11%, condimenticias 8 (11%), ritual o celebración 2 (3%), de sombra 2 (3%) y medicinales 10 (13%), es importante mencionar que las plantas pueden tener más de un uso. La mayor parte del destino de la producción es para autoconsumo, la producción de la parcela es la que se destina principalmente a la comercialización. Los aspectos socioculturales en el manejo del huerto, representan una forma de tradición que ha sido transmitida de generación en generación y que refleja los principios del uso tradicional de este agroecosistema. La decisión de qué sembrar y qué consumir como alimentos y la forma de prepararlos están determinados por la familia. La siembra de ciertos cultivos está relacionada con las fiestas patronales, como es el caso de las festividades de muertos (2 de noviembre). Crianza animal, el número total de animales en los 10 huertos encuestados es: 6 cerdos, 31 gallinas y 29 guajolotes, son alimentados, con maíz, restos de la comida y en algunos casos alimento balanceado comercial. Las gallinas se consumen de forma más cotidiana y los guajolotes y los cerdos se destinan más para comercializar, o para la preparación de alimentos en el marco de alguna celebración.

Diagnóstico del patrón alimentario de la comunidad, se trabajaron dos criterios, el PESA (2011), se refiere a que más del 20% de los encuestados consuman los alimentos en un mínimo de tres veces por semana y el criterio generado por el equipo de trabajo, a partir de





la observación y conocimiento de la alimentación de las familias en la comunidad. Por lo que se toma en consideración, cuando más del 20% de los encuestados consuman el alimento. La composición del patrón alimentario, utilizando el criterio PESA es de 16 alimentos y del criterio generado 35 alimentos. En el consumo promedio *per cápita* de la comunidad (gramos de alimento consumidos por persona), los cinco alimentos más representativos fueron: tortillas de maíz, 311g (primer lugar); bebidas gaseosas, 246ml (segundo lugar); leche, 163ml (tercer lugar); naranja, 132 g (cuarto lugar) y jitomate, 100g (quinto lugar). La valoración nutrimental de acuerdo al promedio per cápita por día reporta para cada criterio, lo siguiente: PESA, energía 1838 cal, carbohidratos 266.53 g, grasas 72.07 g y proteínas 38.69 g; para el generado, energía 2275 cal, carbohidratos 301.14 g, grasas 88.81 g y proteínas 64.95g. De acuerdo a este criterio las 1838 cal, representan el 76% de las necesidades calóricas, por lo que la ingesta calórica es deficiente. En el criterio modificado el aporte es de 2275 cal, que cubre el 94% de los requerimientos calóricos, por lo tanto el nivel es aceptable.

Investigación aplicada. En este caso es la realizada en el Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CASI). Con el grupo se efectuaron talleres que se describen en la siguiente fase.

Desarrollo comunitario, talleres de intercambio de saberes, de acuerdo a las necesidades detectadas en los diagnósticos:

Talleres de intercambio de saberes en el (CAIS), del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, realizados en julio de 2012 y abril de 2013. Al inicio se realiza una autopresentación, después de decir su nombre cada quien menciona sus expectativas del taller. Acto seguido los asistentes dibujan lo que tienen en su patio, al terminar se realiza un recorrido por los diferentes módulos (cultivos y ecotecnias), promoviendo el intercambiando de saberes. Al terminar se les invita a dibujar de acuerdo a lo que aprendieron: “Que les gustaría tener en su patio”. Para finalizar, se analiza si las expectativas quedaron cubiertas y se identifican los módulos que más demanda tienen. Entre éstos sobresalen las estufas ecológicas, el uso de sistemas de riego sencillos y que pueden aplicar fácilmente (uno de los principales problemas es la escasez de agua), muchos de los cultivos los conocen, pero en sus patios casi no hay hortalizas. Este tipo de talleres sirven de motivación para trabajar de forma más eficiente en los patios, sin embargo algunas señoras manifestaron que es difícil tener algo de lo mostrado, ya que implica un costo. Estas opiniones evidencian como ha





penetrado el asistencialismo en las comunidades rurales, a pesar de esto todavía existen personas proactivas y con ellas hay que seguir trabajando.

Talleres de nutrición humana. Se basan en el conocer: que es una buena alimentación, completa (un alimento de cada grupo), equilibrada (proporciones recomendadas, de acuerdo a edad, peso, actividad), higiénica (preparar los alimentos con limpieza), suficiente (cantidades necesarias para cubrir los requerimientos nutricios), variada (alternativas de alimentos), adecuada (al gusto, de acuerdo a las costumbres, disponibilidad y accesibilidad); los contenidos nutricios de los alimentos (carbohidratos, grasas, proteínas, fibra, vitaminas y minerales); con lo aprendido diseñar el plato del buen comer y la jarra del buen; con los productos del patio, elaborar platillos y bebidas; al final del taller se intercambian saberes sobre los contenidos nutricios de los alimentos elaborados. Se realizaron talleres en 2012 y 2013, un resultado importante ha sido el recetario que elaboraron de la comunidad.

Talleres sobre importancia de la alimentación en la etapa escolar, realizados en octubre y noviembre del 2012. Se llevaron a cabo en las escuelas de la comunidad, primaria, Benito Juárez García y en la telesecundaria del mismo nombre. En la primaria se hicieron dos grupos, uno conformado por el primer ciclo (1^o, 2^o y 3^o) y el otro por el segundo (4^o, 5^o y 6^o), en la telesecundaria participaron los tres grados juntos. Se trabajó en colaboración con estudiantes de la Facultad de Nutrición de la Universidad Veracruzana, quienes les mostraron la importancia de una buena alimentación, diseñando al final un plato del buen comer. El segundo ejercicio consistió en identificar de donde provienen los alimentos que consumen: del patio, de la parcela, del monte, o los compran en la tienda. Estos ejercicios fueron muy motivadores, ya que todos los participantes aprendimos sobre los conocimientos de todos y lo más relevante en el caso de los estudiantes de secundario, fue el gran conocimiento que tienen sobre los recursos alimenticios y el uso que hacen de ellos, por lo cual manifestaron el orgullo que sentían.

Evaluación de la gestión. La concientización de la relación que guardan los patios familiares en la alimentación, se visibiliza al evidenciar que existe un aporte importante de alimentos a la dieta habitual, la mayoría son frutas y en menor proporción hortalizas y leguminosas. La evaluación de lo aprendido en los talleres de intercambio de saberes, generó un recetario con platillos balanceados, confeccionados a partir de los productos del patio o huerto. Es preocupante la alta ingesta de coca cola, debido que es precursora de





enfermedades crónico degenerativas, por lo que hay que seguir trabajando en la concientización de una dieta saludable, completa, equilibrada, inocua y sana.

Otro ejemplo fue el Diseño de una Empresa Familiar Productora y Comercializadora de Café.

(Jáuregui, A.S., 2012). **Motivación.** Al pertenecer la empresa a la familia de la estudiante sustentante, ella logra motivar para diseñar y operar el presente proyecto.

Diagnosis. Se realizó mediante diagnósticos documentales y observación participativa: diagnóstico

documental (INEGI, 2011), se identificaron las características de la comunidad de

Puentecilla, Zentla, Veracruz, lugar en donde se localiza la empresa: clima, semicálido con

una temperatura promedio de 26°C; su precipitación media anual es de 1,650 mm.

Ecosistemas, bosque alto perennifolio y bosque tropical caducifolio; fauna silvestre,

armadillo, tuza, zorra, conejo, zopilote, pájaros carpinteros, calandrias, víboras. Agricultura,

café 29%; caña de azúcar, 24%; maíz, 14%; plátano, 19%;, frijol, 7%; y naranja, 7%.

Ganadería, bovinos, porcinos y aves, no se tienen datos de porcentajes. Industria, a nivel

municipal, 70 trapiches, a nivel comunidad tres trapiches pequeños. Comercio, cuatro tiendas

de abarrotes y misceláneas, dos pequeñas pollerías y una papelería. Srvicios, taxi rural,

caseta telefónica, línea de teléfono, autobuses de transporte público, señal de radio y

televisión, carretera asfaltada hacia la cabecera municipal y una carretera con grava que

comunica con el municipio de Huatusco. Educación, los planteles son, un precolar

comunitario (CONAFE), jardín de niños, escuela primaria y telesecundaria, campo deportivo

(futbol y beisbol). Salud, tres centros de salud del IMSS, cuatro médicos particulares.

Vivienda, 773, construidas con concreto, tabique, block, piedra y cemento. Población, 257

habitantes, 110 hombres, 147 mujeres. **Investigación Aplicada.** En este caso se tomó como

referente la investigación aplicada generada en el Centro Regional de Oriente (CRUO), de la

Universidad Autónoma de Chapingo. **Diseño de Estrategias de Actuación para el**

Desarrollo Comunitario. Con diagnósticos participativos se identificaron las fortalezas,

debilidades, oportunidades y amenazas (FODA), del grupo interesado en el diseño de la

empresa: fortalezas, experiencia en el cultivo y producción de café, interés en lograr la

integración en la etapa final de la cadena productiva, cuenta con materia prima de calidad,

poseen parcelas propias, zona apta para producir café de calidad; debilidades, falta de

recurso económico, no se tiene una figura legal, baja producción, bajos rendimientos del

café, escasos de mano de obra a consecuencia de la alta migración, cafetales viejos y poco





productivos; oportunidades, incursionar hacia una certificación que permita Estrategias las actividades productivas, posibilidad de participar más en la cadena productiva, eventos de capacitación, mercado libre, apoyos para la integración de cadenas productivas; amenazas, alta producción de café en el mundo, plagas y enfermedades, condiciones climáticas adversas, presencia de intermediarios, bajos precios del café, competencia en el precio del café, manejo político de los apoyos oficiales. **Desarrollo Comunitario.** En el análisis FODA, se identificaron las fortalezas y debilidades y las oportunidades y amenazas del grupo, a partir de esto se diseñaron las estrategias de actuación, las acciones correspondientes, los indicadores que evalúan la operación de las acciones, los responsables de ejecutar las acciones y los tiempos determinados para realizarlas. En el cuadro 1 se presentan los resultados.

Cuadro 1. Estrategias de acción

Estrategias	Acciones	Indicadores	Responsables	Tiempo
Diseñar y operar una empresa familiar productora y comercializadora de café, con figura jurídica como SCRLCV.	Conformar y consolidar una Sociedad Cooperativa de Responsabilidad Limitada de Capital Variable (SCRLCV).	Acta constitutiva certificada ante notario público.	Integrantes del grupo	6 meses
Capacitar a los productores para obtener una Certificación de Comercio Justo, buscando acceder a un mercado más competitivo en constante crecimiento	Curso de capacitación	Programa del curso.	Integrantes del grupo.	2 meses
	Comercializar café con certificación de Comercio Justo	Plan de negocios con base a las normas de Comercio Justo	Integrantes del grupo.	4 meses

Fuente: Jáuregui A.S., 2012.

Evaluación de la gestión. La Empresa Familiar Productora y Comercializadora de Café, es un prototipo que puede ser adoptado en regiones del país de acuerdo a las necesidades específicas de cada tipo de cafeticultor.

El cuarto desarrollo fue la caracterización de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAs) de orquídeas, como base para el diseño de estrategias de operación: seis estudios de caso (Sánchez, 2014). Las fases que se han aplicado es este trabajo, son las siguientes: **Motivación.** Visitas personalizadas a cada UMA, presentando el proyecto y los beneficios potenciales que se pudiesen obtener. **Diagnosis.** Diagnóstico documental,





consulta de 73 expedientes de UMAs de orquídeas del país en los archivos centrales de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Al analizar los datos se eligió una muestra de seis UMAs de acuerdo a los criterios ambiental, económico y social. Entrevistas semiestructuradas y observación participativa, identificando: ubicación, El Grande, Veracruz; Santa Rosa Cintepec, Huayapam de Ocampo, Veracruz; San Andrés Hueyapan, Oaxaca; Atlixco, Puebla; La Central, Manzanillo, Colima y Coatepec, Veracruz); finalidad 2 de exhibición/comercialización y 4 de comercialización; tipo de organización, 4 familiares y 2 empresariales. Aspectos ambientales, especies en la Norma Oficial Mexicana, número de híbridos, plantas hijas/año, procedencia, sustratos, control de plagas, tipo y frecuencia de riego, control de la luz, contingencias y tipo de instalaciones, se reportan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Aspectos ambientales de seis UMA's de orquídeas visitadas en el periodo de enero a diciembre de 2013.

UMA	UMA1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6
No. de especies	10	114	1,200	250	10	30
Especies en Norma Oficial Mexicana	4	10	100	10	2	30
No. de híbridos	50	10	no tiene	50	6	15
Plantas hijas/año	50	50	no reproduce	50,000	70,000	50
Procedencia	campo intercambio	campo	campo	laboratorio compra	laboratorio intercambio compra	campo compra
Sustratos	Tepezil uncel grava troncos rizomas	tierra troncos	troncos maquique	Tepezil troncos peetmost agrolita	grava tepezil	tepezil lombri-composta
Control de plagas	Biológico químico	químico	químico	biológico químico	químico	biológico
Tipo y frecuencia de riego	temporal	temporal	temporal	microasperción/ diario	microasperción/ diario	temporal
Control de la luz	malla sombra	malla sombra árboles	árboles	malla sombra	malla sombra	malla sombra árboles
Contingencias	suradas	Plagas huracanes	plagas	plagas vientos	plagas lluvias	plagas
Tipo de instalaciones	Rústico	rústico	rústico	tecnificado	tecnificado	rústico

(a) millones de pesos, (b) miles de pesos, A= Venta de flor de corte, B= Venta de plantas en maceta, C= Venta de plantas *in vitro*, D= Entrada a la UMA, E= Asesoría de cultivo de plantas, F= Avicultura, Apicultura, Cafecultura, Temazcal, Guía de turismo, m=mujeres h=hombres
Fuente: Sánchez M.L.P. 2014.

Los aspectos económicos se describen en el Cuadro 3.





Cuadro 3. Aspectos económicos de seis UMA's de orquídeas visitadas en el periodo de enero a diciembre de 2013.

UMA	UMA1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6
Tipo de tenencia de la tierra	Propia	Propia	Propia	Propia	Ejidal	Propia
Costo total	1 (a)	1(a)	5(a)	50(a)	120(a)	500 (b)
Costo de infraestructura	100 (b)	150 (b)	300 (b)	10 (a)	50 (a)	50 (b)
Ingresos /año	40 (b)	60 (b)	8 (b)	X	200 (a)	30 (b)
Egresos /año	6 (b)	50 (b)	45 (b)	X	150(a)	27 (b)
Actividad por la que se cobra	A, B	B	D	A, B, C	A, B	B, E, F
No. de ejemplares vendidos al año	10 flores 100 macetas	10 macetas	No vende	1, 000 000 plantas en maceta	500, 000 tallos 1,500,000 macetas	30 macetas
Empleos permanentes	2 m 1 h	2 m 1 h	0 m 1 h	30 m 10 h	56 m 24 h	1 m 1 h
Empleos temporales	10 h 2 m	2 h 1 m	1 h 0 m	5h 5 m	5 h 5 m	4 h 3 m
Principales gastos anuales	Sustratos 2(b) Macetas 1 (b) Servicios públicos 3(b)	Sustratos 20 (b) Macetas 15 (b) Servicios públicos 35(b)	Servicios públicos 15 (b) Pago de jornales 30 (b)	Sueldos 6 (a) Equipo de laboratorio 5 (a)	Sueldos 6 (a) Equipo de laboratorio 5 (a)	Sustratos 10 (b) Macetas 2 (b) Servicios públicos 15(b)

Fuente: Sánchez, 2014.

En el Cuadro 4, se reportan los aspectos sociales.

Cuadro 4. Aspectos sociales de seis UMA's de orquídeas visitadas en el periodo de enero a diciembre de 2013.

UMA	UMA1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6
Motivo del inicio de la colección de orquídeas/ Motivo inicio de la UMA	Gusto por las plantas/ Inició la UMA por necesidad	Gusto por las plantas/ Inició la UMA por necesidad	Gusto por las plantas/ Inició la UMA por necesidad	Gusto por las plantas	Gusto por las orquídeas/ Comercialización	Gusto por las orquídeas/ Inició la UMA por necesidad
Significado de la conservación	Muy importante	Muy importante	Muy importante	Muy importante	Muy importante	Muy importante
Satisfacciones personales	Mejoramiento genético de sus especies	Ver florecer sus orquídeas y haber creado un híbrido	Tener la colección de orquídeas más grande de la región	X	Emplear a las personas Tener éxito en su empresa	El reconocimiento de su trabajo





Continúa Cuadro 4...

UMA	UMA1	UMA 2	UMA 3	UMA 4	UMA 5	UMA 6
Organización en la UMA	Familiar	Familiar	Familiar	Empresarial	Empresarial	Familiar
Relación entre la UMA y la comunidad	Muy buena	No existe	No existe	Buena	Muy buena	Muy buena
Participación de las mujeres dentro de la UMA	Participa la esposa e hija	Participa la esposa	No hay	El 60 % de empleados son mujeres	El 70 % de empleados son mujeres	Participa la madre de familia e hija
Actividades de convivencia en la UMA	Pláticas entre los miembros	Pláticas entre los miembros	No hay		Reuniones de comida al aire libre	Reuniones periódicas recreativas al aire libre
Percepción Impacto de la UMA	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto
Otros usos de las orquídeas	Medicinal Decoración de altares	No hay	No hay	No hay	No hay	Fuente de alimento para abejas
Actividades educativas	Pláticas	Pláticas	Pláticas	Pláticas	Pláticas	Pláticas

Fuente: Sánchez, 2014.

Diseño de Estrategias de Actuación para el Desarrollo Comunitario. Para el diseño participativo de estrategias de operación se realizó un taller, con la asistencia de los propietarios de las UMAs, funcionarios de PROFEPA, SEMARNAT, académicos y estudiantes de la Universidad Veracruzana y del COLPOS, 14 participantes en total. La sesión dio inicio con la exhibición de 5 cortometrajes, que describen el historial técnico, el manejo de plantas, la organización, el trabajo del productor y las experiencias personales de cada UMA. La matriz FODA, generó lo siguiente: fortalezas, voluntad propia, conocimiento de manejo de las especies, voluntad académica, participación de otras dependencias gubernamentales, compromiso de funcionarios con oportunidad de financiamientos, la comunicación entre actores de las UMAs, las experiencias en el manejo de UMAs; debilidades, falta de capacitación a los técnicos, falta de conocimiento de la biología de las especies, falta de liquidez financiera, no tener conocimiento sobre los apoyos externos; oportunidades, programas gubernamentales, instituciones académicas, leyes, programas de apoyo, existencia de un mercado, gran biodiversidad en el país, experiencias empresariales; amenazas, funcionarios corruptos e ignorantes, trámites burocráticos lentos y con





regulaciones excesivas, competencia desleal y comercio ilegal, no hay apoyos para la publicación de los resultados que se obtienen en las UMAs y su consecuente difusión, falta de educación y conocimiento sobre las especies que pueden aprovechar, no hay apoyos para establecimiento de UMAs.

Desarrollo Comunitario. Las estrategias definidas se mencionan a continuación: **E₁**.- Aprovechar voluntades y conocimiento a nivel género en el manejo de las orquídeas para acceder a programas gubernamentales; acciones, registrar oficialmente las UMAs de orquídeas, informar anualmente las actividades de la UMA, actualización de los técnicos con las dependencias del sector y la academia; indicadores, oficio que otorga la SEMARNAT, acuse de recibo de formato de informe, constancias de participación; responsables, representante legal de la UMA y responsable de SEMARNAT, academia, dependencias del sector, técnicos. **E₂**.- Aprovechar las experiencias de los productores para conseguir capacitación empresarial para el acceso al mercado justo y conservar la biodiversidad; acción, taller de intercambio de experiencias; indicadores, carta programática del taller, modelos, prototipos, programas; responsables, instituciones, técnicos e involucrados en general. **E₃**.- Establecer programas de difusión sobre las UMAs; acciones, censo de UMAs de orquídeas, crear una Red de UMAs de orquídeas; indicadores, base de datos, proyecto turnado a instancias que financien la red; responsables, SEMARNAT y todos los involucrados. **E₄**.- Fomentar talleres de capacitación técnica para el reconocimiento y manejo de especies aprovechables; acciones, taller de capacitación técnica para el reconocimiento y manejo de especies aprovechables; indicadores, carta programática del taller, número de personas capacitadas; responsables, academia y responsables de las UMAs.

Evaluación de la gestión. Los datos que se obtuvieron en este estudio apuntan a que aún no se ha explorado en toda su magnitud las facilidades que el esquema legal UMA permite a los productores a través del aprovechamiento de la vida silvestre. Es así que la potencialidad de las UMAs de orquídeas está latente, sin embargo se hace necesario que se estrechen vínculos solidarios entre los sectores académicos, gubernamentales y productivos para poder trabajar persiguiendo un fin común, de otro modo el éxito de la UMA como actividad productiva está destinada a fracasar.





Conclusiones

1. El trabajo realizado con un enfoque de Gestión Participativa, ha permitido no sólo conocer la problemática a la que se enfrentan las unidades de producción familiar, sino que a partir de ésta, hacer propuestas de solución a través de una planificación participativa que permite diseñar y operar estrategias de acción y evaluarlas.

Agradecimientos

El presente trabajo pertenece a las Líneas Generales de Aplicación del Conocimiento: Evaluación y rediseño de Agroecosistemas y Cadenas Agroalimentarias y Agroindustriales del Trópico.

Literatura Consultada

- Acosta, L. y Rodriguez S. 2005. En busca de la agricultura familiar en América Latina. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. FAO.37 p.
- Álvarez, A.M.C., A. Afonso, H. Díaz. 2011. Modelo de gestión para pequeñas explotaciones agrarias, orientado a la seguridad alimentaria en México. p 263-287. *In*: Modelos para el desarrollo rural con enfoque territorial en México. Colegio de Postgraduados.
- Álvarez, A.M.C., C. Olgún P., A. Asiain H. 2015. Centro de Aprendizaje e Intercambio de Saberes (CAIS) Colegio de Postgraduados. 51 p.
- Cazorla, A., I. De los Ríos y M. Salvo. 2004. Trabajando con la gente. Modelos de Planificación para un Desarrollo Rural Local. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid, España. 287 p.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. Sistema Nacional de información Municipal. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Secretaría de Gobernación. México. Disponible en: www.Inafed.gob.mx. (enero 2006).





- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y geografía). 2011. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad. (ITER).
- Jáuregui, A. S. 2012. Diseño de una Empresa Familiar Productora y Comercializadora de Café. Tesis de Licenciatura en Administración y Gestión de pequeñas y medianas empresas. Universidad Politécnica de Huatusco.
- Leporati, M., S. Salcedo, B.Jara, V Boero y M. Muñoz. 2014. La agricultura familiar en cifras. p 35-56. *In: Agricultura familiar en AL: Recomendaciones de política (FAO).*
- Olgún, P. C. 1992. Proceso Investigación-Desarrollo aplicado al Manejo Integral de los Recursos Naturales de las Zonas Bajas Tropicales. p 230-237. *In: Memoria de la V Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz. Sección de Manejo Integral de Recursos. Resultados y Avances de Investigación. Veracruz, Veracruz. México.*
- PESA (Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria.2011. Guía metodológica para implementar el modelo productivo adaptativo para la seguridad alimentaria y nutricional. Disponible en: http://coin.fao.org/coinstatic/cms/media/14/13540570190110/8metodologia_para_implementarmodelo_productivo_adaptativo_para_la_san_final_web.pdf. (consulta: 10 de enero 2012).
- REDSOL. 1997. IV Reunion de los proyectos de la Red de Gestión de recursos naturales. Fundación Rockefeller. San Cristobal de las Casas, Chiapas, México, Documento de trabajo.
- Reyes, B. A. 2014. Agrobiodiversidad y manejo del huerto familiar, su contribución a la seguridad alimentaria, en una localidad del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ecología Tropical. Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO). Universidad Veracruzana. 84 p.
- Sánchez, M. L. P. 2014. Caracterización de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAs) de orquídeas, como base para el diseño de estrategias de operación: seis estudios de caso. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales. Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.
- Terán, S. y Rasmussen, C. 1994. La milpa de los mayas. La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noreste de Yucatán. Talleres Gráficos del Sudeste. S.A. de C.V. Merida, Yucatán, México. 439 p.





PRÁCTICAS DE COMERCIALIZACIÓN DE LOS PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES CAFETALEROS DE LA REGIÓN CORDOBA-HUATUSCO

Bernardo Beristáin Ruiz³⁰³, Benigno Rodríguez Padrón^{304*} Fernando Sáenz Segura³⁰⁵ y Vinicio Horacio Santoyo Cortés³⁰⁶

Resumen

En la actualidad la comercialización de café es una práctica sistematizada, se diferencia en múltiples aspectos de las prácticas comunes operadas en décadas pasadas por los pequeños y medianos productores de café. El sector cafetalero presenta grandes ventajas en la comercialización, ya que existe un uso de variedades híbridas muy reducido y mínima aplicación de agroquímicos, factores que son de interés a nivel internacional debido a la tendencia mundial de consumir alimentos sanos. La producción cafetalera de México es prácticamente artesanal y un porcentaje significativo de los productores son principalmente indígenas. En el estado de Veracruz existen 10 regiones cafetaleras; este trabajo se efectuó en la región de Córdoba-Huatusco, que se localizan en la zona centro de Veracruz. La metodología consistió en la revisión bibliográfica del tema de regionalización del café y los adyacentes a los mismos. Se generó un modelo de entrevista semiestructurada adecuado para la zona de investigación con catorce secciones; se aplicaron 171 entrevistas en 60 localidades. La entrevista permitió un análisis cuantitativo y cualitativo de las regiones de estudio a través de 146 variables. Se aplicaron tres estrategias de análisis a partir de la utilización del módulo análisis de datos del programa Excel 2013 y de los módulos estadísticos descriptivos y comparación de medias, prueba T para muestras relacionadas, del programa IBM SPSS Statistics, Versión 24.

Palabras clave: comercialización, cafetalero, región y municipio

³⁰³ Responsable del proyecto: Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente, Huatusco, Veracruz. bberistainrz@yahoo.com.mx

³⁰⁴ Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente, Huatusco, Veracruz.

³⁰⁵ Universidad Nacional de Costa Rica.

³⁰⁶ Universidad Autónoma Chapingo.





Introducción

El sector cafetalero presenta grandes ventajas en la comercialización ya que existe un uso muy reducido de variedades híbridas, lo mismo que el uso de agroquímicos, factores que son de interés a nivel internacional debido a la tendencia mundial de consumir alimentos sanos; dado lo anterior, se puede afirmar que la producción cafetalera de México es prácticamente artesanal y que un porcentaje significativo de los productores son principalmente indígenas (ASERCA, 2013). En correspondencia con esos aspectos, la cafecultura mexicana se ha visto envuelta en la necesidad de re-organizar todos y cada uno de los procesos que involucran la cadena, desde la producción hasta el consumo. Conjugando las opciones nacionales e internacionales en este trabajo se investigó el estado que guardan las diversas prácticas de comercialización en la región cafetalera Córdoba-Huatusco en el estado de Veracruz.

La región en estudio pertenece a la cuenca hidrológica del Papaloapan. La región central del estado Veracruz es una zona montañosa, ubicada en la Sierra Madre Oriental y en el Eje Neo Volcánico. El 69.9% del total de la población se encuentra en pobreza, 46.6% presenta pobreza moderada, 23.2% está en pobreza extrema y se cuenta con un grado promedio de escolaridad de 7 años (CONEVAL, 2010).

Con base en el registro del Padrón Nacional Cafetalero (PNC), el cultivo del café en México se desarrolla en 12 estados, 404 municipios, 4,572 localidades, por 510,544 productores y en 675,258 hectáreas (AMECAFÉ, 2013). El café ocupa el primer lugar como producto agrícola generador de divisas y empleos en el medio rural. Por las características del cultivo emplea para sus labores de limpia en plantaciones, cosecha y beneficiado del grano tanto a mujeres, hombres y niños que conforman toda la familia (Giovannucci, 2003).

En la última década el AMECAFE (Asociación Mexicana del café), ha sido el último ente regulador de la cadena productiva del café; en 1989 ocurrió desaparición del INMECAFÉ (Instituto Mexicano del Café), dejando a los productores mexicanos a la deriva, posteriormente se formó el CMC (Consejo Mexicano del Café) también extinto, actualmente el AMECAFE es el órgano de regulación. Estas altas y bajas han tenido una estrecha relación con la fluctuación de los precios se recuperan fugazmente a mediados de los noventa, pero se desploman nuevamente a partir de 1998, cuando entran en producción





numerosos cafetales de otros países y se coloca el producto en el mercado internacional incrementando las importaciones de café, a esta situación se enfrentan los cafeticultores desde la década de los noventa se ha identificado la concentración de la comercialización a partir de una intensiva práctica local y regional de intermediario o coyotaje hacia la concentración monopólica del café por grandes corporaciones internacionales como: Philips Morris, Nestlé y Procter & Gamble, Starbucks y otras, las cuales comercializan más de las veinticinco marcas más consumidas de café en el mundo.³⁰⁷

En investigaciones recientes de estudios sobre comercialización de café en el municipio de Huatusco, se encontró que las empresas trasnacionales tienen el dominio de la comercialización y que sólo el 20% de productores implementan estrategias alternativas de comercialización en forma organizada, con énfasis en la certificación orgánica y de comercio justo (Hernández, 2014). Bajo estas consideraciones se destaca que los pequeños productores de café son los más vulnerables ante las condiciones estructurales del mercado y en el proceso de comercialización; es por ello que en varios países de la región latinoamericana se han establecido mecanismos donde se trata de asegurar un precio más equilibrado. Considerando lo anterior se presentan algunas interrogantes como: ¿Cuáles son las características centrales de la comercialización del café en México? Las principales compañías compradoras como AMSA, BECAFISA y otras, compran el café pergamino “sano” y rechazan los cafés dañados: fermentados, pasados de secado, etc. Estos cafés son comprados por otras compañías, ya que existe un fuerte mercado de cafés dañados en nuestro país; las grandes compañías, han tendido a manejar más fuertes volúmenes, que a mejorar los precios vía la separación de los cafés por su calidad. A los productores se paga el café pergamino de manera indiferenciada; no se pagan precios significativamente más elevados a los cafés de más calidad; los compradores de café cereza, mezclan mucho el café de diferentes alturas y grados de maduración en el beneficiado húmedo y no existen restricciones a las exportaciones. El Gobierno Federal, se ha negado reiteradamente a cualquier medida mínima de intervención en el mercado, ya sea a partir de retenciones o formación de reservas. Entonces ¿Qué experiencias de comercialización están teniendo éxito?, por el número de productores involucrados y sus resultados económicos, la experiencia más importante es la de los productores de café orgánico que participan en los

³⁰⁷ Un café por la causa: hacia un comercio justo (Waridel, *et al.*, 2004).





llamados mercados solidarios, y que reciben lo que se llama un precio justo. El tipo de producción orgánica, puede permitir también aumentar la productividad, que, junto con un mayor precio, podrían mejorar de manera importante los ingresos de los productores. A futuro, con la producción orgánica con sombra diversificada, podrían tenerse mayores posibilidades de acceder a apoyos por los beneficios ambientales que proveen las plantaciones de café; también grupos de productores que comercializan un volumen importante de café, esto les permite negociar mayores precios; estos grupos han podido en algunos casos mejorar la calidad del fruto y reducir los costos de recepción, beneficiado y comercialización.

Materiales y métodos

En el estado de Veracruz existen 10 regiones cafetaleras (AVERCAFE, 2009), de las que en la presente investigación se trabajó en dos; las regiones de Córdoba-Huatusco que comprenden 18 municipios: Naranja, Atoyac, Amatlán de los Reyes, Ixtaczoitlán, Córdoba, Fortín de las Flores, Chocamán, Tomatlán, Ixhuatlán del Café, Tepatlaxco, Zentla, Comapa, Huatusco, Sochiapa, Totutla, Tlacotepec de Mejía, Tenampa y Tlaltetela.

El trabajo consistió en tres etapas y cuya investigación abarco del 2014 al 2015:

La primera fue de revisión bibliográfica del tema de regionalización y territorios del café. En la segunda etapa se seleccionó el área geográfica a estudiar y tercera se definió una muestra de productores al azar y que fueran cooperantes para la investigación, determinándose la aplicación de 171 entrevistas semiestructuradas y personalizadas; Este modelo de entrevista, adecuado para la zona de investigación, se definió con catorce secciones: 1. Datos generales; 2. Datos del área de investigación; 3. Datos del productor; 4. Unidad de producción; 5. Familia; 6. Economía y mercado; 7. Instituciones en café; 8. Programas de gobierno; 9. Producción de café; 10. Composición del ingreso del productor cafetalero; 11. Diversificación dentro del café; 12. Certificación y mercados alternativos; 13. Diversificación fuera del café; y 14. Generalidades y observaciones. Y en la tercera etapa se precisó llevar a cabo un análisis comparativo, el que inicia con la descripción de los sistemas de comercialización conocidos y relativamente exitosos en el mercado cafetalero.



Se aplicaron 171 entrevistas en 63 localidades dentro de las regiones de estudio que comprendió 18 municipios de la zona Córdoba-Huatusco, regiones en las cuales se tienen registradas por el padrón cafetalero alrededor de 45 mil parcelas cafetaleras, las entrevistas se realizaron en el periodo comprendido entre el 30 de septiembre de 2015 y el día 27 de noviembre de 2015. Se desarrollaron en los domicilios de los participantes (véase Figura 1). Destacando que en la mayoría de los que intervienen en el cultivo y comercialización de café, es capital humano del sexo masculino y en menor proporción el femenino.

La entrevista permitió los análisis cuantitativo y cualitativo de la zona de estudio a través de 146 variables, de las cuales 94 fueron numéricas para análisis cuantitativo, 45 para análisis cualitativo y 7 mixtas.

Se aplicaron tres estrategias de análisis a partir de la utilización del módulo análisis de datos del programa Excel 2013 y de los módulos analizar estadísticos descriptivos y comparación de medias, prueba T para muestras relacionadas, del programa IBM SPSS statistics, Versión 24³⁰⁸.

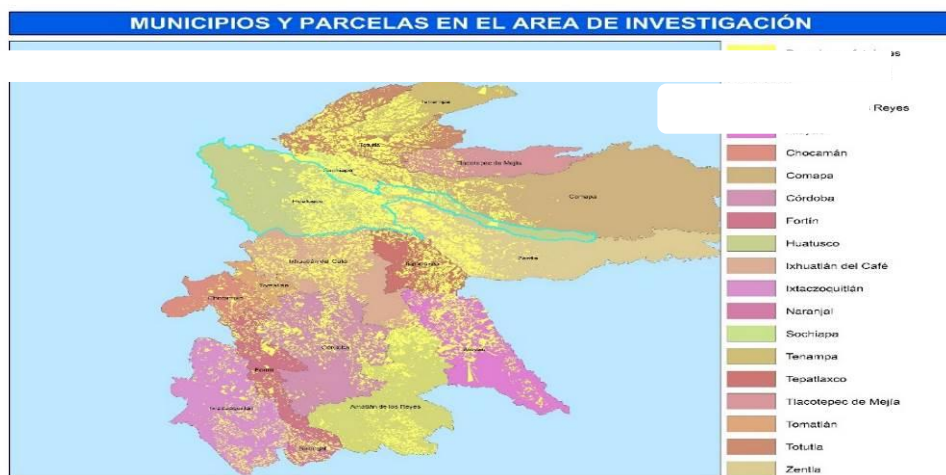


Figura1. Municipios y parcelas cafetaleras en el área de investigación.

³⁰⁸ La base de datos comparados con los resultados de las entrevistas, así como las corridas del sistema SPPSS están disponibles previa solicitud en el correo electrónico del autor.



Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis de la información se identificó en la región Córdoba a los municipios de Córdoba, Fortín, Naranjal, Ixtaczohtlán, Chocamán, Atoyac, Amatlán de los Reyes y Tomatlán; en los cuales se puede encontrar una gran diversidad de cultivos además del café; plátano para velillo, caña de azúcar, maíz, chayote, ornamentales, y actividades de agroturismo y aves de engorda; esta zona también tiene agroindustrias, empacadoras y agricultura protegida de los diversos cultivos. La región de Huatusco comprende los territorios de Tlaltetela, Tenampa, Tlacotepec, Totutla, Huatusco, Sochiapa, Comapa, Tepatlaxco, Zentla y el territorio que divide las dos regiones cafetaleras llamado Ixhuatlán del Café; este territorio muy parecido a la región Córdoba incorpora además limón persa, plátano para velillo, actividad de ganadería bovina, también se destaca la agroindustria ligada al café en ambas regiones es común la migración regional, nacional e internacional.

En estas regiones se registran 31 mil polígonos de parcelas cafetaleras, los cuales promedian 1.5 hectáreas por productor. Además de este análisis los resultados de las encuestas se muestran en el cuadro 1.

Del análisis de la información encontramos que la economía y mercado de los pequeños y medianos productores de café buscan en diversos escenarios mejores precios para su producto, lo cual es definido por los intermediarios y las organizaciones que se unen a través de redes de comercialización de café de especialidad agregando calidad a sus procesos productivos de acuerdo a cada región.

Para la investigación fue importante destacar la motivación de los cafeticultores para dedicarse a la producción de café el resultado se muestra en la Figura 2.





Cuadro 01. Composición de nombres y descripciones estadísticas de variables incluidas en las entrevistas (N=171).

Variables	Descripción	Media	D. T.	Varianza
Datos generales del prod.				
Sexo M/F	Sexo del entrevistado masculino o femenino	0.824786754	0.381458826	0.145510836
Edad	Edad de los encuestados en el área de investigación	57.91812865	16.2083591	262.7109047
Días	Días dedicados a la producción de café	18.98830409	6.36810832	40.55281986
Estudio	Años de estudio desde primaria	5.257309942	4.296837662	18.46281389
Registro	Cuenta con registro en el padron cafetalero	1.192982456	0.410391341	0.168421053
Unidad de producción				
Superficie	Superficie total con la que cuenta (hectáreas)	4.921403509	5.87460159	34.51094391
Sembradas	Hectáreas sembradas con café	3.744912281	4.82549752	23.28542632
Negocio	Considera que es negocio la parcela de café	1.672514619	0.470674227	0.221534228
Adquirida	Como fue adquirida la tierra que posee	1.286549708	0.453477182	0.205641555
Uso	Especifique el uso de la tierra	1.514619883	1.303193928	1.698314413
Transporte	Medio de transporte que utiliza más para los productos e insumos	3.099415205	1.220679515	1.490058479
Vehículo	Cuenta con vehículo propio	1.421052632	0.495177987	0.245201238
Acceso	Tipo de camino de acceso a su comunidad	1.567251462	0.751377759	0.564568283
Familia				
Viven	Personas que viven en su casa, aparte de usted	4.011695906	1.79210131	3.211627107
Laboran	De ellas, cuantas personas laboran en actividades agrícolas	1.730994152	1.582302364	2.503680771
Producción	Personas que laboran en la producción de café	1.923976608	1.728671193	2.988304094
Economía y mercado				
Economía	La economía a mejorado en los últimos 10 años	1.666666667	0.472788972	0.223529412
Negocio	El café es más negocio ahora que hace 10 años	1.812865497	0.39116489	0.153009976
Información	Que tanto esta de acuerdo con obtener más información requerida por el comprador	2.614035088	1.854289646	3.438390093
Insumos	Que tanto está de acuerdo con tener que dejar de aplicar insumos químicos	2.479532164	1.72299049	2.968969251
Asistencia	Que tanto está de acuerdo con obtener asistencia técnica y capacitación	2.555555556	1.825025741	3.330718954
Inversión	Que tanto está de acuerdo con obtener crédito para inversión de insumos	1.824561404	1.504379571	2.263157895
Tiempos	Que tanto está de acuerdo con modificar los tiempos de trabajo	2.444444444	1.698134309	2.883660131
Obra	Que tanto está de acuerdo en contratar más mano de obra	2.274853801	1.65579529	2.741658067
Procesamiento	Que tanto está de acuerdo en invertir para el procesamiento del café	1.935672515	1.602006825	2.566425869
Instituciones en café				
Crédito	Consigue crédito o préstamos para trabajos del café	0.228070175	0.420820369	0.177089783
Adelantos	Créditos o adelantos a cuenta de la cosecha	0.140350877	0.348370821	0.121362229
Técnica	Resive asistencia técnica	0.432748538	0.496911687	0.246921225
Instituciones	Las instituciones que existen son mejores que las que había hace varios años	0.140350877	0.348370821	0.121362229
Miembro	Es miembro de alguna cooperativa de café	0.263157895	0.441640623	0.195046439
Programas de gobierno				
Beneficiario	Ha sido beneficiado por los programas de apoyo al café en los últimos 5 años	0.654970761	0.476773931	0.227313381
Suficientes	Considera que los apoyos del gobierno al café son suficientes	0.023391813	0.151588311	0.022979016
Sobre la producción de café				
Plantación	Edad promedio de la plantación en años	15.64736842	15.9483922	254.3512136
Certificación	Con certificación orgánica	0.105263158	0.307793506	0.094736842
Aplica	Tipo de fertilizante que aplica	1.339181287	0.624629233	0.390161679
Cosechado	Toneladas de café cosechado por hectáreas en el último ciclo	3.630994152	3.025757786	9.152510182
Cosechar	Toneladas de café que espera cosechar en el presente ciclo	1.756608187	2.866568591	8.217215487
Equipo	Cuenta con equipo para el procesamiento del café	0.181286549	0.38638686	0.149294806
Vender	Años en vender este tipo de café	21.53216374	17.2971561	299.1916065
Precio	Precio que recibió en la presente cosecha (\$/kg.)	5.768421053	8.729648424	76.20676161
Entera	Medio por el cual se entera del precio del café antes de hacer la venta	4.345029239	4.531356942	20.53319573
Costo	Costo que le incurre para la venta de su café	0.719298246	0.450661708	0.203095975
Beneficio	Algún apoyo o beneficio extra por parte del comprador	0.187134503	0.39116489	0.153009976
Destino	Destino final del producto	2.491228876	0.607486829	0.369040248
Firma	Para la venta de su café firma algún acuerdo o contrato	0.187134503	0.39116489	0.153009976
Rendimientos	Sus rendimientos son mejores o peores que en años anteriores	0.187134503	0.39116489	0.153009976
Composición de ingreso				
Emplearse	Ha tenido que emplearse en otros ranchos o en las ciudades a fin de resolver sus necesidades de ingreso	0.432748538	0.496911687	0.246921225
Fuentes	A parte de los ingresos obtenidos por la venta de café, tiene ingresos provenientes de otras fuentes	0.561403509	0.49767261	0.247678019
Importancia	Indique la proporción de los tipos de ingreso en orden de importancia	2.117976543	1.332094368	1.774475404
Gasta	De sus ingresos gasta (en %)	83.19883041	20.83792354	434.2190574
Ahorra	Cuánto ahorra (en %)	13.87719298	16.83945316	283.5671827
Diversificación dentro del café				
Especialidad	Experiencia con los cafés de especialidad (orgánico, comercio justo, gourmet, etc.)	0.157894737	0.36571318	0.133746131
Procesa	Procesa el producto hasta venderlo directo al consumidor	0.035087719	0.18454194	0.034055728
Certificación y mercados alt.				
Práctica	Práctica de comercialización realizada	2.274853801	1.406041317	1.976952184
Almacena	Porcentaje de la cosecha que almacena (en %)	5.081871345	15.6552667	245.0873753
Diversificación fuera del café				
Diferente	Producción diferente al café	1.719298246	15.10639255	228.2030959
Utilidad	Utilidad obtenida (en %)	11.40350877	20.96399685	439.4891641



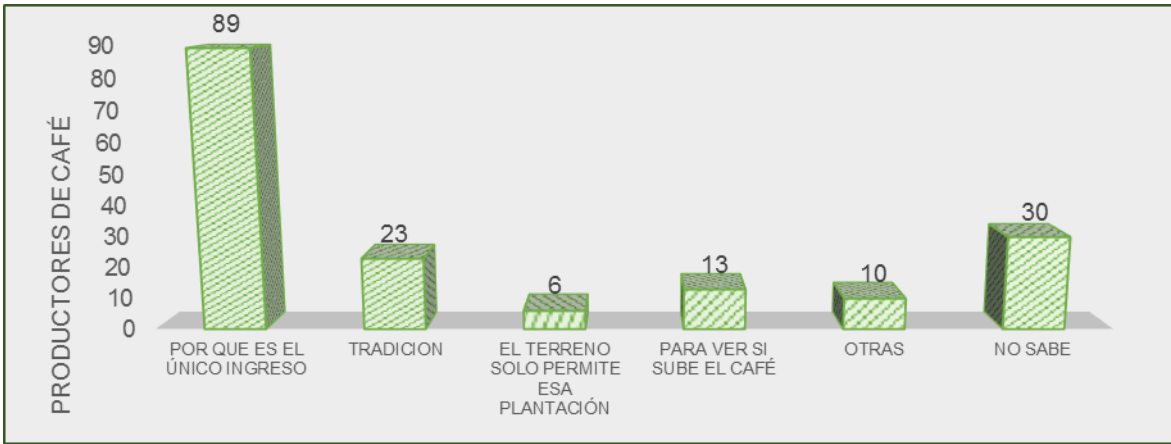


Figura 2. Razones por las cuales siguen produciendo café.

Así mismo decidimos destacar las instituciones relacionadas con brindar la capacitación en el cultivo de café en la región, existen innumerables instituciones en café, en la actualidad las opciones de interactuar se multiplican tanto en el ámbito nacional como en el internacional; es decir, que un directorio del café es tan vasto como lo son las opciones gubernamentales o privadas, centros de enseñanza e investigación están aportando al tema, algunas de ellas se enlistan en la Figura 3.

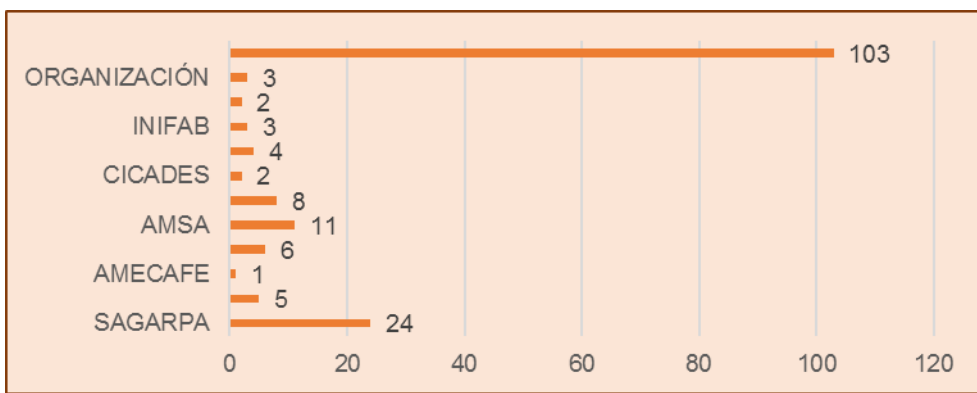


Figura 3. Nombres de instituciones de las cuales reciben asesorías.

Otro elemento resultado del análisis de la región fue la tenencia de la tierra y su relación con la forma en que se comercializa el café. Cuadro 2.



Cuadro 2. Tipo de tenencia de la tierra y formas de comercialización.

Tipo de café	Tipo de tenencia de la tierra			Total
	Comunal	Ejidal	Privada	
	0	1	0	1
Cereza	1	26	23	50
Molido	0	1	0	1
Pergamino	0	0	1	1
Tostado	0	0	1	1
Total	1	28	25	54

Considerando los 62 lugares de venta que declararon los encuestados, y proyectando la trazabilidad de la comercialización del café (Figura 4), se puede entender el comportamiento de los precios con el cual tiene que convivir el productor al entrar en el mercado a ritmo de oferta y demanda a nivel mundial, nacional, regional y local en los meses de septiembre a marzo, donde el inicio es incierto en los precios que son relativamente bajos hasta que se estabiliza los máximos de producción en diciembre y enero.

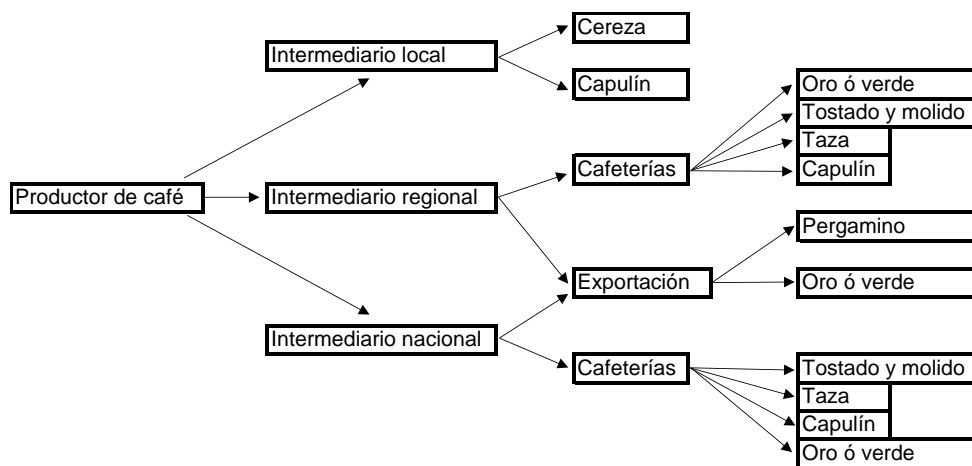


Figura 4. Trazabilidad en la comercialización del fruto de café.

El ambiente de las prácticas de comercialización se identifica con el concepto de “cortar y vender el mismo día” fruta fresca denominada “cereza”, práctica que ejecuta el 90% de los productores encuestados, esto puede apreciarse en el resultado que muestra el cuadro 3.





Cuadro 3. Prácticas de comercialización que realizan los productores entrevistados.

Práctica de comercialización	Productores de café	%
Pergamino	5	2.9
Bola o capulín	125	73.1
Oro verde	0	0.0
Tostado y molido	0	0.0
Tasa	4	2.3
Por organización	0	0.0
Independiente	0	0.0
Orgánico	0	0.0
Comercio justo	2	1.2
Servicios ambientales	4	2.3
No sabe	31	18.1

Conclusiones

1. Los pequeños y medianos cafetaleros requieren generar una estrategia individual y colectiva, por territorio y/o región, y por auto organización, con apoyo de los centros de estudio universitarios para la incorporación de todos los productores al plan integral de atención al café (PIAC), 2. En general las regiones de estudio Córdoba-Huatusco requieren que se apliquen de forma correcta y oportuna todas las políticas públicas ya establecidas, para el crecimiento de los sistemas de cultivo y comercialización de café y por ende de las familias cafetaleras.

Literatura consultada

ASERCA (Agencia de servicios a la comercialización y desarrollo de mercados agropecuarios). 2013. Cumbre Latinoamericana del Café 2013. http://www.mexbest.com/es/eventos-y-misiones_comerciales/cumbrelatinoamericana-del-caf.html





- AMECAFÉ (Asociación Mexicana del Café). 2013. Revista Nuestro café. Número 13, Marzo/Abril. México. 26 p.
- Caravaca, B. I. y G. González R. 2002. La innovación en los sistemas productivos locales de Andalucía en Castagna, Alicia, Isabel - Raposo y María L. Woelfin (eds.), Globalización y territorio, VI Seminario Internacional de la red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio, Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2010. Pobreza a nivel de municipio. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Medicion-de-la-pobreza-municipal-2010.aspx>
- Giovannucci, D. 2001. Encuesta sobre café sustentable en el mercado de Especialidad de América del Norte. 32 p.
- Giovannucci, D. 2003. The State of sustainable coffee: a study of twelve major markets. CENICAFE. Cali, Colombia. 196 p
- Giovannucci, D. y Juárez, C.R. 2005. Análisis Prospectivo de política Cafetalera. SAGARPA. FAO. México.
- Giesemann, 2002 <http://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv96art3B.pdf>.





INTEGRACIÓN DE LA RED DE VALOR DEL CAFÉ EN LA REGIÓN DE ZONGOLICA, VERACRUZ

Julio Díaz José^{309*}, Gregorio Briones Ruiz³¹⁰, Hilario García Martínez³⁰⁹, Pablo Andrés Meza³¹⁰

Resumen

Durante la última década, la producción de café en México ha disminuido 43.5 %, al tiempo que se identifica un aumento en las importaciones provenientes de Brasil, Honduras y Vietnam, lo cual se explica por diversos factores estructurales como la presencia de plagas, el abandono de la actividad, así como estructuras locales que limitan el acceso de los productores a diferentes beneficios. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar la estructura de la red de valor del café en la región de Zongolica, Veracruz, para identificar factores restrictivos que representan una barrera para la producción primaria de la región. Los resultados indican que, a pesar de existir una tendencia general de declive en la producción cafetalera a nivel nacional, la estructura centralizada de acopio y comercialización de café que prevalece en la región, con escaso acceso a la información, nuevas tecnologías y capacitación, limita aún más el desarrollo del sector cafetalero en la región. A pesar de lo anterior, existen casos de productores individuales y pequeñas empresas que han superado estas restricciones mediante modelos y estrategias basados en la organización para la producción. La principal conclusión es que la producción de café con un enfoque de sustentabilidad, con una identidad cultural y el acceso a mercados locales y regionales justos, puede mejorar las condiciones de la región y que esto se refleje en el bienestar de las familias productoras de café.

Palabras clave: red de valor, café, Zongolica

³⁰⁹ Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. E-mail: juliodiaz.jose@gmail.com

³¹⁰ Universidad Veracruzana FCBA-Peñuela.





Introducción

La Sierra de Zongolica se caracteriza por ser una región con gran biodiversidad y habitada por una población indígena que se dedica a la producción agropecuaria de subsistencia, principalmente café, maíz y ganado menor. De acuerdo con el SIAP (2015) en la región se producen cerca de 50,000 t de café cereza en una superficie de 24,818 ha y en la que están involucrados cerca de 9,346 productores. El café en la región ha sido una de las actividades productivas de mayor importancia económica y social por más de cien años; sin embargo, la producción de café ha disminuido en forma considerable en los últimos años. Lo anterior refleja que las actividades productivas enfrentan retos complejos, derivados de problemas estructurales asociados con la escasa integración de los pequeños productores a las cadenas agroalimentarias y que impacten de manera directa en el bienestar de las familias.

En los últimos años se ha puesto énfasis en estudiar la forma cómo se integran las cadenas agroalimentarias para lograr una mejor distribución de los recursos y beneficios, lo cual representa un reto complejo, pues en los últimos años, estas cadenas han pasado de tener una conformación lineal para convertirse en redes complejas de colaboración entre los involucrados. De esta forma, las cadenas que conforman el sector agropecuario se pueden concebir como redes que contienen tres tipos de flujos: físicos, financieros y de información, lo que hace posible el intercambio de productos, pagos, acuerdos y la coordinación entre éstos (Angelucci y Conforti 2010). Así mismo, debido a fallas del sistema y mercado tanto del lado de la oferta como de la demanda, las cadenas agroalimentarias han experimentado problemas y desbalances que afectan su desempeño (Klerkx y Leeuwis 2008). En este contexto, el estudio de redes de valor considera una serie de interacciones entre actores los cuales tienen una variedad de relaciones y realizan diferentes transacciones entre sí para lograr sus propios objetivos y constituyen la estructura de la red motivados por valores como creación de valor, entrega de valor y valor de captura (Wirtz *et al.*, 2016).

Para explicar la forma en cómo se integran los pequeños productores de café al mercado, es necesario partir de la dinámica internacional, la cual explica en gran medida los flujos de intercambio y comportamiento del pequeño productor en relación con el mercado del café. Por tanto, el propósito del presente estudio fue analizar las tendencias de la producción internacional de café y la relación que esta tendencia tiene con la integración de los





pequeños productores de café en la región indígena de Zongolica, Veracruz. Los resultados de este estudio permiten identificar actores relevantes y vacíos que promueven la articulación y fragmentación de la red, y que se convierten en una barrera o promotores para la producción de café en la región.

Metodología

Para realizar el presente estudio se aplicó una metodología mixta, con un enfoque de investigación cuantitativo y cualitativo que permitió obtener una visión integrada del marco analítico y conceptual (Bamberger, 2000). Se realizó una revisión de las tendencias de la producción nacional e internacional, así como reuniones sobre la integración de la cadena de café en la región, con el Consejo Cafetalero de las Altas Montañas. Se eligieron al azar actores a entrevistar mediante el método “bola de nieve” mencionado por Gómez Carreto *et al.* (2015), el cual consiste en escoger un conjunto de actores focales a quienes se les aplicó un cuestionario dividido en los siguientes apartados: i) información socioeconómica, ii) conformación de la red. El marco guía de la presente investigación fue el ARV abordando tres áreas: i) oportunidades para el café de Zongolica con base en las condiciones de producción nacional y la demanda del mercado internacional; ii) actores de la red de valor; y iii) modelos de negocios (Nalebuff y Brandenburger. 1997). Para el análisis de información derivada las entrevistas se utilizó el software Atlas.ti[®], la construcción de las figuras sobre tendencias de la producción y mercado internacional se realizaron con el software de análisis estadístico R.

Resultados y discusión

Tendencias internacionales y producción nacional

En los últimos años se ha presentado una transformación en la producción mundial de café asociada principalmente con tres factores: el uso de nuevas tecnologías, la presencia de plagas y enfermedades, así como las condiciones climáticas adversas. Un comparativo de





México con los tres principales productores de café en el mundo indica que países como Vietnam empezaron a cobrar importancia como productores de café en la década de los años 90, con crecimientos sostenidos en producción y rendimiento, mientras que países como Colombia y México han mostrado un declive en el área cultivada, producción y rendimiento (Figura 1). A pesar de que Brasil redujo el área cultivada, tanto éste como Vietnam han apostado por incrementar el rendimiento con sistemas de producción asociados al uso de nuevas tecnologías y riego.

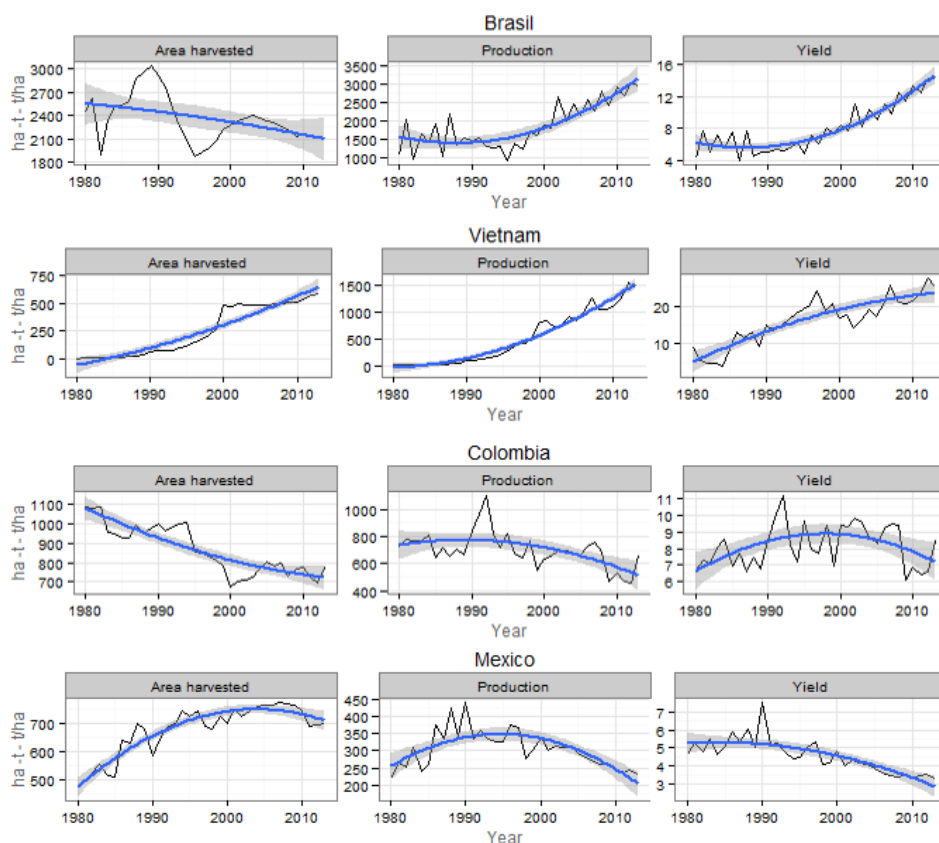


Figura 1. Tendencias en la producción de café de México vs tres de los principales productores de café en el mundo (1980-2015).

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/>) y de la Organización Internacional del Café (<http://www.ico.org/>).

En el reporte anual del mercado mundial de café del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2015) se mencionan que algunos fenómenos que originan cambios importantes en la producción mundial de café son: sequías, temperaturas y precipitaciones por arriba o por debajo del promedio, la presencia de enfermedades principalmente roya





(*Hemileia vastatrix*), así como políticas de renovación de plantaciones. De acuerdo con Jha *et al.* (2011) la transformación del mercado mundial del café se ha visto afectada por la 'modernización' o intensificación de los sistemas de producción, que consiste en establecer sistemas intensivos de producción con disminución de la sombra o incluso a cielo abierto, con las consecuencias ambientales que esto implica, tanto en la pérdida de recursos naturales, así como el uso intensivo de insumos agrícolas. Sin embargo, es paradójico que mientras la demanda mundial de café y los precios al consumidor se incrementan, estos beneficios no se reflejan en los ingresos de los productores, pues incluso el ingreso neto que éstos perciben ha declinado (Nair 2010).

Dentro de las principales causas están la producción de grandes cantidades de café con muy baja calidad (caso de Vietnam), así como el uso de malas prácticas de los comercializadores para acceder al mercado e incrementar las ganancias. En 1990 México ocupaba el quinto lugar como productor mundial de café, mientras que en 2013 pasó a ocupar el décimo, lo cual se explica por el declive en la producción, rendimiento y superficie cultivada de los principales estados productores en los últimos treinta años (Figura 2).

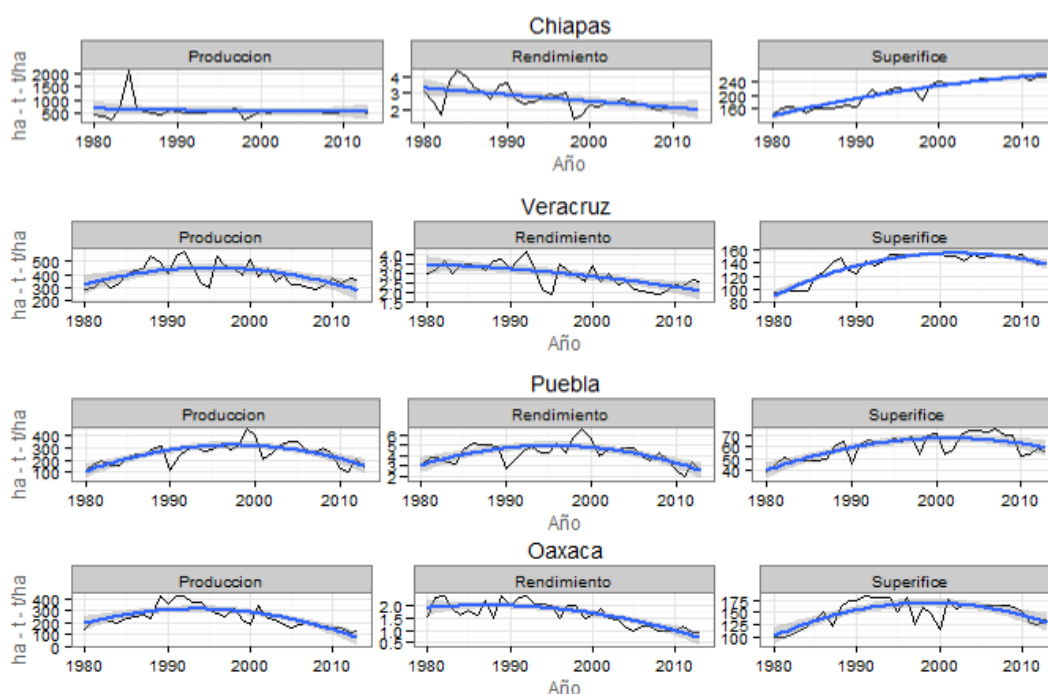


Figura 2. Tendencias de la producción nacional de café en los principales estados productores de México (1980-2015).

Fuente: Elaboración propia con base en SIAP (2015).





En 2014 la producción de café cereza en México fue cercana a 1.2 millones t, con un rendimiento promedio de 1.6 t/ha (SIAP, 2015), y durante la última década ha disminuido 43.5 %, al tiempo que se identifica un aumento en importaciones provenientes de Brasil, Honduras y Vietnam.

El decremento en las curvas se presenta justo en la peor crisis de los precios internacionales del café a inicios de la década del año 2000 (Figura 2). Algunos factores que explican esa reducción son el fraccionamiento de las fincas de café, pues mientras que a finales de la década de los 70's la superficie promedio de café era de 3.5 ha en promedio por productor, en el año 2007 fue de 1.93 ha de café por productor, lo que indica que se redujo cerca del 45%. Así, la producción de café en México se ha visto afectada por todos estos fenómenos, lo que ha ocasionado que únicamente el estado de Chiapas presente un incremento en la superficie cultivada. Lo anterior se explica posiblemente porque durante los años 90's Chiapas dio inicio a la certificación de café orgánico, como alternativa para mitigar algunos de los efectos del colapso del INMECAFE en 1992, así como a los bajos precios que se presentaron (Jurjonas *et al.*, 2016; Padrón y Burger 2015).

La producción de café en Zongolica, Veracruz

La producción de café en la región de Zongolica es similar a la de muchas regiones cafetaleras de México, donde la producción se realiza principalmente por comunidades indígenas con altos índices de marginación en áreas de bosque fragmentado. De acuerdo con el SIAP (2015), el estado de Veracruz contribuye con 31% de la producción de café cereza en México, y la región de Zongolica produce cerca del 12% del total estatal, así como 3.8% de la producción total nacional. Los productores de la Sierra de Zongolica presentan una edad cercana a los 50 años, con escasos niveles de escolaridad y superficie promedio de las fincas por debajo del promedio nacional (cerca de 1.9 ha), mientras que el rendimiento es menor al promedio estatal (Cuadro 1). Esto indica que, sin una estrategia definida, la producción de café en la Sierra de Zongolica presenta factores restrictivos para competir en mercados internacionales.





Cuadro 1. Características de los productores de café de la Sierra de Zongolica.

Municipio	Edad		Escolaridad		Superficie de café		Rendimiento	
	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Tequila	48	14	3	3	1.6	2.0	2.4	6.5
Zongolica	50	14	4	3	1.8	2.4	2.1	3.6
Los Reyes	51	15	3	3	.9	.6	0.6	0.5
Región	49.2	14.2	3.4	3.2	1.6	2.1	2.1	4.9

Fuente: Elaboración propia con base en cuestionario aplicado a productores de café.

Estructura y funcionamiento red cafetalera del centro de Veracruz

La red de café de la región de Zongolica depende de un modelo global de comercio, y en este sentido, la principal barrera es la centralización de los procesos de comercialización, esto debido a que está compuesta por una gran cantidad de pequeños productores aislados que comercializan localmente su producto (Figura 3), con la presencia de algunos “intermediarios” con los cuales se establecen convenios informales, y esto último se refleja en una incompatibilidad desde el punto de vista tecnológico y de los sistemas para compartir información de otro tipo que permita incrementar los ingresos del pequeño productor.

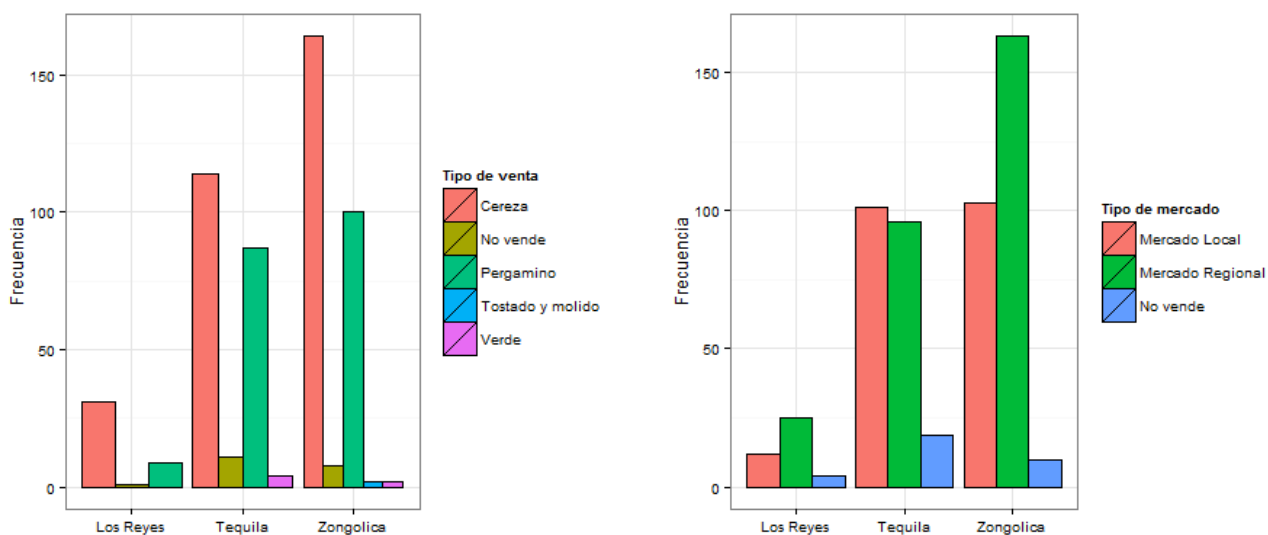


Figura 3. Tipo de venta y destino del mercado del café en la Región de Zongolica.

Existe asimetría de poder entre los actores, pues las empresas con mayor dominio imponen reglas de comercio, colaboración, calidad y políticas públicas, lo cual aumenta continuamente





el desbalance de los beneficios. La hegemonía comercial de los intermediarios se ha consolidado en torno al café en la región de Zongolica, donde los pequeños cafecultores indígenas no cuentan con mecanismos de coordinación, colaboración y cooperación, permanecen aislados y compiten internamente. Los productores permanecen ligados a intereses y necesidades que los conducen a vender cada ciclo su producto al intermediario más cercano o que garantice un “mejor” pago, lo cual se facilita no sólo por la necesidad de liquidez para pagar la mano de obra; sino también al hecho de la nula organización socio-productiva en la región, lo cual consolida el poder hegemónico de los intermediarios. A pesar de lo anterior, algunos productores, han desarrollado canales de comercialización alternos, transformando el café y comercializándolo en el mercado local, a través de cafeterías, hoteles o venta al público en general (Cuadro 2).

Cuadro 2. Modelos y estrategias de negocio de diferentes actores de la red café.

Empresa rural	Modelo de negocio	Estrategia
UP cereza	Producción de <i>commodities</i> a micro escala, sin segmentación ni diferenciación de producto	Diversificación de ingresos
UP cereza - pergamino	Producción de <i>commodities</i> a micro escala, sin segmentación ni diferenciación del producto	Diversificación actividades productivas, transformación primer proceso de la cadena
UP cereza, pergamino y oro	Producción de <i>commodities</i> a micro escala, sin segmentación ni diferenciación del producto	Diversificación de actividades productivas, transformación al segundo proceso de la cadena
UP cereza, pergamino, oro y café envasado	Producción de <i>commodities</i> a micro escala, con segmentación y diferenciación del producto por agregación de valor	Integración vertical a baja escala
Acopiadores locales	Compra venta de <i>commodities</i> a pequeña escala, sin segmentación ni diferenciación del producto	Financiación externa, Comprar en las comunidades, más alejadas
Acopiador central	Transformación primaria de <i>commodities</i> a gran escala sin segmentación ni diferenciación del producto (venta de café oro)	Acaparar el máximo de materia prima, acceso a financiamiento
Empresa transformadora	Producción, compra y transformación de un <i>commodity</i> a mediana escala, diversificación de productos, diferenciación de producto	Integración, generación de canales propios de venta

Fuente: Elaboración propia con información de campo.

Los clientes de las UP son empresas que controlan los precios y manejan el negocio; ellas ocupan la posición más alta en la cadena de suministro y concentran el poder del mercado





en toda la cadena regional de comercialización y procesamiento del café. Estas compañías son de origen tanto mexicano como parte de grandes oligopolios internacionales: primero, el principal acopiador de la región tiene la red más grande de compradores locales que son los que aseguran el acopio de café cereza para mantener sus relaciones comerciales con intermediarios que desplazan el producto hacia los Estados Unidos; segundo, en años recientes, dentro de la red surgió otro actor, quien comercializa café tostado y molido principalmente a través de la generación de sus propios canales y franquicias (Figura 4). El mercado opera según las reglas y políticas que imponen estas empresas, siendo estos grupos los que efectivamente sancionan y coordinan el modelo cafetalero existente que opera en Zongolica, similar al de otras regiones cafetaleras descritas por Camacho-Velázquez, (2016) y por Figueroa-Hernández *et al.*, 2012. A partir de su capacidad para ejercer influencia directa sobre las agencias del estado, se apropian de una parte de los beneficios, ganancias y concentrando los recursos.

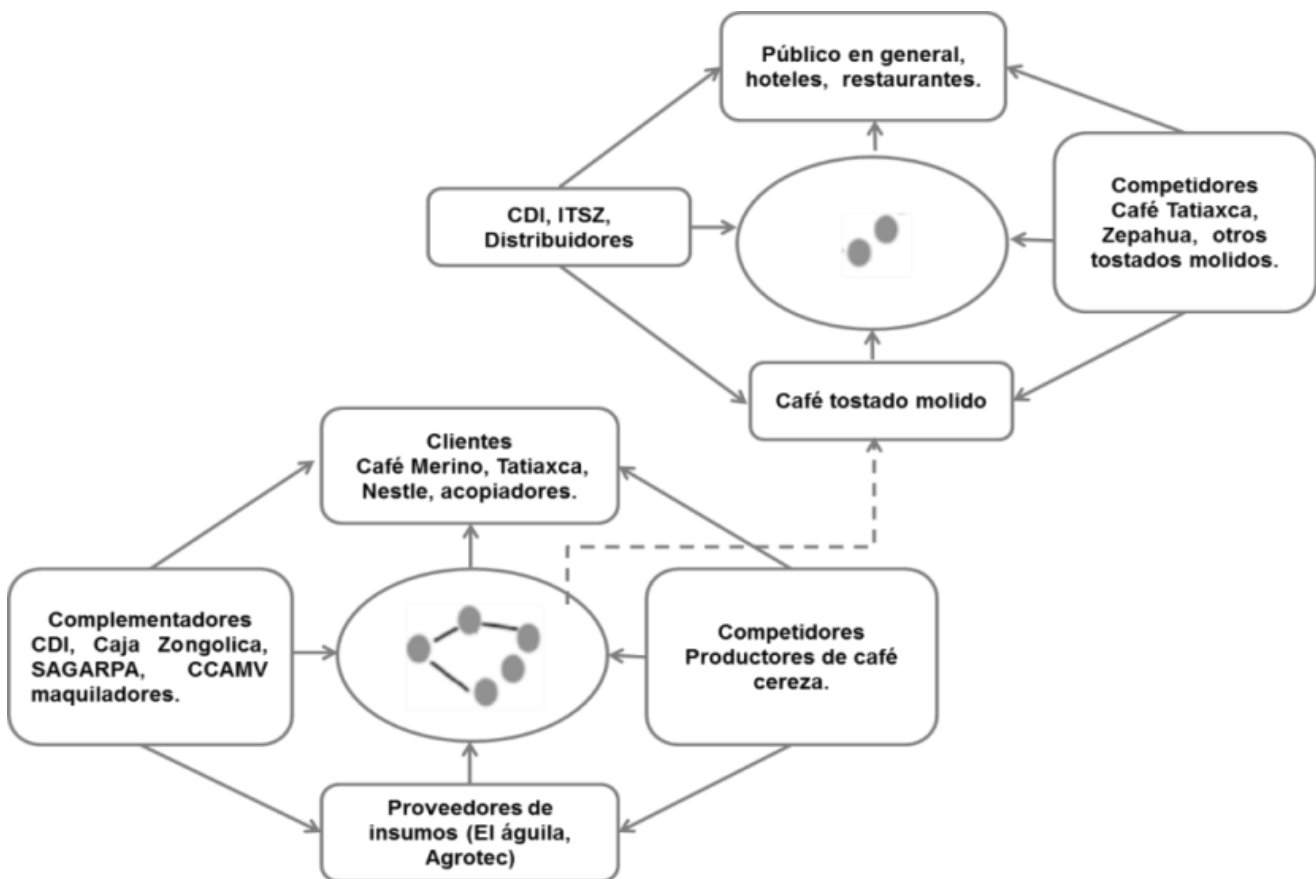


Figura 4. Red de valor pequeños productores del centro de Veracruz. Fuente: Elaboración propia con datos de entrevistas.





Conclusiones

La actual configuración de la red de valor del café en la región de Zongolica limita el desarrollo del sector primario, conformado por pequeños productores que son vulnerables a las condiciones actuales. La región enfrenta un gran reto para incorporarse a las nuevas dinámicas internacionales de mercados alternativos del café y romper la estructura actual con la que cuenta. Por un lado, se descarta la alternativa de sistemas de producción intensivos, debido a las características de propiedad de la tierra, el impacto en los recursos naturales, además de la escasa infraestructura para la producción. Una alternativa es aprovechar las ventajas de la región que consisten en producir café bajo un enfoque de sustentabilidad, que promueva y conserve la biodiversidad y en el que participan productores de comunidades indígenas con una identidad cultural. Lo anterior será posible con la organización comunitaria, el mejoramiento de la infraestructura para la producción, así como la generación de alianzas estratégicas para la investigación, el desarrollo y la aplicación de nuevos procesos y tecnologías, tanto para la producción primaria como para su distribución y comercialización.

Literatura citada

- Angelucci, F. and P. Conforti. 2010. Risk management and finance along value chains of Small Island Developing States. Evidence from the Caribbean and the Pacific. *Food Policy* 35(6): 565–575.
- Bamberger, M. [editor]. 2000. *Integrating Quantitative and Qualitative Research in Development Projects*. Washington, D.C.: The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/947381468044680133/Integrating-quantitative-and-qualitative-research-in-development-projects> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Camacho, V. D. 2016. Los pequeños cafecultores de Chiapas. Organización y resistencia frente al mercado. *Liminia*, 14: 212–216.





- Gómez, C. T., J. A. Zaarazúa, L. A. Guillén C., J. E. López C., y R. Moreno V. 2015. Redes sociales empresariales y desarrollo local: Esquemas en agroempresas de Chiapas. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 37: 159-172.
- Figueroa H. E., F. Pérez S. y L. Godínez M. 2012. La producción y el consumo del café. ECORFAN. Madrid. 170 p.
- Jha, S., C. M. Bacon, S. M. Philpott, R. A. Rice, V. E. Méndez, and P. Läderach. 2011. A Review of Ecosystem Services, Farmer Livelihoods, and Value Chains in Shade Coffee Agroecosystems. In: W. B. Campbell & S. López Ortiz (eds.). *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*. pp. 141–208.
- Jurjonas, M., K. Crossman, J. Solomon, and W. López B. 2016. Potential Links Between Certified Organic Coffee and Deforestation in a Protected Area in Chiapas, Mexico. *World Development*, 78: 13–21.
- Klerkx, L. and C. Leeuwis 2008. Balancing multiple interests: Embedding innovation intermediation in the agricultural knowledge infrastructure. *Technovation*, 28(6): 364–378.
- Nair, K.P.P. 2010. Coffee. *The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World*. Amsterdam: Elsevier. pp. 181–208.
- Nalebuff, B. J. and A.M. Brandenburger. 1997. Co-opetition: Competitive and Cooperative Business Strategies for the Digital Economy. *Strategy & Leadership*, 25(6): 28–35.
- Padrón, B.R. and K. Burger. 2015. Diversification and Labor Market Effects of the Mexican Coffee Crisis. *World Development*, 68, 19–29.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Producción agropecuaria y pesquera Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/produccion-agropecuaria/> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- USDA (United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service). 2015. Coffee : World Markets and Trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Washington, D.C.: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Wirtz, B.W., A. Pistoia, S. Ullrich, and V. Göttel. 2016. Business Models: Origin, Development and Future Research Perspectives. *Long Range Planning* 46(1): 36-54.





INVESTIGACIÓN-ACCIÓN PARTICIPATIVA PARA FOMENTAR PROCESOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE CAFÉ DE VERACRUZ

Juan Ángel Tinoco Rueda^{311*} y Jaquelina Vivanco González³¹²

Resumen

El cambio climático es un fenómeno que se está presentando a nivel global y se espera que modifique las características de diversos sistemas naturales y antrópicos. Estudios recientes sugieren que las regiones cafetaleras de México son altamente vulnerables a este fenómeno debido a su dependencia de las condiciones meteorológicas de temperatura y humedad principalmente, aunado a la diversidad biocultural en donde se desarrolla esta actividad productiva. El objetivo de la presente investigación fue fomentar procesos de adaptación al cambio climático para disminuir la vulnerabilidad de productores de café del centro de Veracruz mediante un proceso de investigación-acción participativa. Para lograr el objetivo planteado se realizó un taller participativo, se analizó información climatológica y se desarrolló un modelo cartográfico de zonificación agroecológica del café arábigo con tres escenarios de cambio climático. El área de estudio consideró los municipios de influencia de la organización COORPROVER que se ubica en el centro de Veracruz. Como resultado del taller participativo se generó información de las características de los cafetales y de la problemática observada por los productores, así como el calendario agroclimático en cada una de las tres zonas altitudinales del área de influencia de la organización. El análisis de datos climatológicos entre los periodos 1970-2000 y 2001-2015 muestra un incremento en la temperatura media y máxima en las tres zonas. En cuanto a la precipitación pluvial se registró una disminución en las zonas media y baja y un incremento en la zona alta. La zonificación agroecológica establece que los escenarios GFDL y HADGEM sugieren una disminución en la aptitud para el café arábigo mientras que el escenario CNRCM establece condiciones para el incremento de la aptitud del aromático.

³¹¹ Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente.

³¹² Coordinadora Latinoamericana de Pequeños Productores de Comercio Justo.

*Correotinoco@correo.chapingo.mx





Palabras clave: cafecultura, calentamiento global, talleres participativos, escenarios de cambio climático

Introducción

El clima se define como las condiciones promedio del tiempo atmosférico en un periodo de tiempo (generalmente 30 años), a su vez, el cambio climático se conceptualiza como la modificación en el comportamiento promedio del clima durante un largo periodo (Parry *et al.*, 2007). De manera natural han ocurrido cambios en el clima durante la historia de la tierra, originados por las placas tectónicas, las erupciones volcánicas, las tormentas solares, los cambios en la excentricidad del planeta o por el impacto de meteoritos.

Actualmente se inicia un nuevo periodo de cambio climático, aunque a diferencia de los registrados en épocas pasadas, se presenta por efecto de las actividades del humano o antropogénicas (IPCC, 2013). Este cambio climático antropogénico se origina por la creciente concentración de gases de efecto invernadero (GEI) y aerosoles en la atmósfera (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC y SF_6), lo que provoca el incremento de la temperatura mundial. Los GEI producen el efecto invernadero en la atmósfera al dejar pasar la radiación solar de onda corta proveniente del espacio que al ser reflejada por la superficie terrestre se convierte en radiación de onda larga (infrarroja); los GEI de la atmósfera absorben parte de esta radiación calentándola. Este efecto invernadero es de suma importancia para el desarrollo de la vida en el planeta, ya que sin la presencia de éste la temperatura promedio del planeta sería de $-15\text{ }^\circ\text{C}$ aproximadamente.

El proceso de contaminación atmosférica ha provocado que las concentraciones de CO_2 a nivel mundial pasen de 280 ppm antes de la revolución industrial, a más de 380 ppm en la actualidad, o bien, a 430 ppm si se considera a todos los GEI en términos de su equivalencia en dióxido de carbono, lo que representa la más alta concentración registrada durante los últimos 650 mil años. Las principales actividades que liberan GEI a la atmósfera son la quema de combustibles fósiles y de biomasa, los incendios forestales, el cultivo de arroz, la producción pecuaria, los residuos sólidos urbanos, el uso de fertilizantes, los refrigerantes





industriales, los aparatos de aire acondicionado y la actividad petroquímica, entre otros (Gobierno de la República, 2014; Solomon *et al.*, 2007).

La configuración agroecológica de los sistemas de producción de café junto con las condiciones socioculturales y económicas de las comunidades donde se desarrollan, definen el nivel de sensibilidad y de capacidad adaptativa de la cafecultura en cada región. Ejemplos de los posibles impactos que se pueden presentar en la cafecultura por efecto del cambio climático son los siguientes: desplazamiento de la aptitud del café a zonas de mayor altitud, afectaciones en el periodo de floración y baja en la fertilidad del suelo, entre otras. Cabe señalar que los impactos esperados no se presentarán en la misma magnitud en todas las regiones cafetaleras, pues ello dependerá de las condiciones específicas de cada unidad de producción. Es por lo anterior que el objetivo de la presente investigación fue fomentar los procesos de adaptación al cambio climático para disminuir la vulnerabilidad de productores de café del centro de Veracruz mediante un proceso de investigación-acción participativa.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El estudio se llevó a cabo en la organización Coordinadora de Pequeños Productores del Centro de Veracruz (COORPROVER), la cual es una organización fundada en 2006 con sede en la comunidad de Sabanas, municipio de Huatusco, Veracruz. Esta organización aglutina 623 socios que se ubican en 25 comunidades de siete municipios, de los cuales seis pertenecen al estado de Veracruz (Huatusco, Tlaltetela, Zentla, Ixhuatlán del Café, Totutla y Comapa) y uno al estado de Puebla (Chichiquila). Con base en la altitud, se identificaron tres rangos altitudinales donde se ubican las parcelas de los socios de COORPROVER: zona baja (500-800 msnm), zona media (801-1200 msnm) y zona alta (1201-1800 msnm). La proporción de los socios en cada zona se distribuye de la siguiente forma: 14.4 % en la zona baja, 53.8 % en la zona media, y 31.8 % en la zona alta.





Taller investigación-acción participativa

Se desarrolló un taller participativo en septiembre de 2017 donde, en conjunto con los productores asistentes, se trabajaron algunas dinámicas de grupo para obtener información sobre las características de los cafetales de la organización, así como la identificación de la problemática, el registro de eventos climáticos extremos y las acciones implementadas por los cafecultores. Como actividad final del taller se solicitó a los participantes analizar las estrategias de mitigación y adaptación y seleccionar las que consideraran más importantes para implementar en la organización. Con la información vertida en el taller se elaboró una memoria del taller.

Análisis de información climática y escenarios de cambio climático

En el Laboratorio de Geomática del Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo se analizaron los datos climáticos de las estaciones meteorológicas correspondientes a cada zona altitudinal (Cuadro 1). El análisis de los datos meteorológicos se realizó por medio de cuatro indicadores: (1) distribución histórica de la precipitación y temperatura (máxima, media y mínima); (2) temperatura diaria extrema mensual (máxima y mínima); (3) climograma de los periodos 1970-2000 y 2001-2015, y (4) cambio porcentual de la precipitación y temperatura (máxima, media y mínima) entre los periodos 1970-2000 y 2001-2015.

Cuadro 1. Información de las estaciones meteorológicas por zona altitudinal.

Datos	Zona Alta	Zona Media	Zona Baja
Nombre	Totutla	Rancho Viejo	Jalcomulco
Clave	30187	30140	30076
Municipio	Totutla, Ver.	Emiliano Zapata, Ver.	Jalcomulco, Ver.
Altura (msnm)	1,446	914	335
Latitud	19° 12' 45" N	19° 26' 49" N	19° 19' 48" N
Longitud	96° 57' 50" W	96° 47' 01" W	96° 45' 43" W
Temporalidad de información	1959 a 2015	1969 a 2015	1961 a 2012

Fuente: Investigación en campo.

Para identificar los posibles cambios en la distribución del café arábigo con cambio climático dentro del área de influencia de COORPROVER se utilizaron tres escenarios de cambio





climático para México (GFDL, CNRCM y HADGEM) para el horizonte de tiempo 2015-2039 y la trayectoria de concentración representativa (RCP) 8.5 (Fernández *et al.*, 2015).

Resultados y discusión

Como resultado del taller participativo se observó que el tipo de sistema dominante es el policultivo tradicional, aunque hay presencia de los sistemas especializado y a pleno sol en la zona media y baja, respectivamente. La edad registrada de los cafetales oscila entre 5 y 100 años. En la zona baja no se mencionó este dato. Se registró el cultivo de dos especies de cafeto: *Coffea arabica* (café arábigo), que se encuentra en las zonas alta y media, y *Coffea canephora* (café robusta), que se encuentra en la zona baja. En cuanto a variedades se identificaron 10 tipos: Typica, Bourbon, Costa Rica, Colombia, Garnica, Caturra, Oro azteca, Geisha, San Román y Marsellesa. El porcentaje de sombra se encuentra muy relacionado con las variedades cultivadas en cada zona; en la zona alta el promedio de sombra registrado fue de 70 %; por su parte, en la zona media se presenta un rango de 25 a 80 %, y en la zona baja de 20 a 50 %. La producción promedio registrada se encuentra entre 2 y 16 t/ha. La zona media es la que se ubica el área de mayor producción tuvo un rango de 5 a 16 t/ha.

En el apartado de problemática se identificaron las siguientes plagas: broca, tuza, ratón y barrenador. Con respecto a las enfermedades, se mencionaron las siguientes: roya, ojo de gallo, nemátodos, mal de hilachas y antracnosis. En cuanto a problemas con el suelo, se identificaron deslaves por mayor precipitación en la zona alta y bajo contenido de materia orgánica en la parte media. El cambio climático se identificó como un problema común en las tres zonas.

Como parte del análisis de la información climática en las tres estaciones meteorológicas, al comparar los datos entre los periodos 1970-2000 y 2001-2015 se observó un incremento en la temperatura máxima anual y media anual en las tres zonas, así como en la temperatura mínima anual en la zona alta. Con respecto a la precipitación anual, se apreció un incremento de 3.7 % para la zona alta y una disminución de 2.3 % en la zona media y de 0.1





% en la zona baja. En el Cuadro 2 se presentan los cambios mensuales y anuales en las variables climáticas.

La zonificación agroecológica para el café con los tres modelos de cambio climático en comparación con la climatología de referencia establece, que bajo los escenarios GFDL y HADGEM se esperarían disminuciones en la aptitud del café y un desplazamiento hacia zonas de mayor altitud (Figura 1). En contraste, bajo el escenario CNRCM se observa un incremento en las condiciones favorables para el cultivo del aromático.

Cuadro 2. Cambios (%) en las variables climáticas entre los periodos 1970-2000 y 2000-2015.

Variable	Zona alta												
	E	F	M	A	M	J	J	AG	S	O	N	D	Anual
Precipitación	-7.0	-2.5	-20.5	-33.5	-20.2	5.5	13.6	18.9	21.2	3.1	-13.7	-22.8	3.7
Temperatura Máxima	1.8	2.9	-4.2	-1.2	-4.3	-1.3	-0.2	1.6	3.3	2.7	-1.1	9.7	0.6
Temperatura Media	3.3	3.6	-3.1	-0.1	-2.5	0.7	1.8	3.4	5.2	3.2	-0.9	8.3	1.7
Temperatura Mínima	6.1	5.0	-1.1	1.7	0.4	4.0	4.8	6.1	8.2	4.1	-0.5	5.9	3.7
Variable	Zona media												
	E	F	M	A	M	J	J	AG	S	O	N	D	Anual
Precipitación	-41.6	4.7	5.7	35.7	-7.7	-1.5	-7.3	4.3	-2.2	12.4	-5.8	-28.9	-2.3
Temperatura Máxima	-0.5	1.3	0.9	1.9	-0.6	0.9	2.3	5.4	4.4	3.6	-0.5	1.8	1.8
Temperatura Media	-1.1	0.8	0.8	0.8	-1.2	-0.4	1.4	3.5	2.7	1.2	-1.7	-0.8	0.5
Temperatura Mínima	-2.7	-0.4	-0.3	-1.0	-2.2	-1.5	0.2	1.5	0.6	-1.6	-3.6	-3.8	-1.2
Variable	Zona baja												
	E	F	M	A	M	J	J	AG	S	O	N	D	Anual
Precipitación	-46.7	143.0	-30.6	72.6	-7.1	0.6	-24.2	-10.8	3.4	32.3	41.7	-12.7	-0.1
Temperatura Máxima	5.6	7.8	4.4	1.9	2.0	1.9	0.6	-1.2	-1.0	6.2	5.2	-10.5	1.9
Temperatura Media	5.7	7.2	4.1	0.4	0.2	-0.1	-1.6	-3.3	-2.9	4.9	3.7	-10.0	0.6
Temperatura Mínima	5.9	5.8	3.5	-2.5	-2.9	-3.3	-5.3	-7.0	-5.8	2.7	0.8	-9.1	-1.8



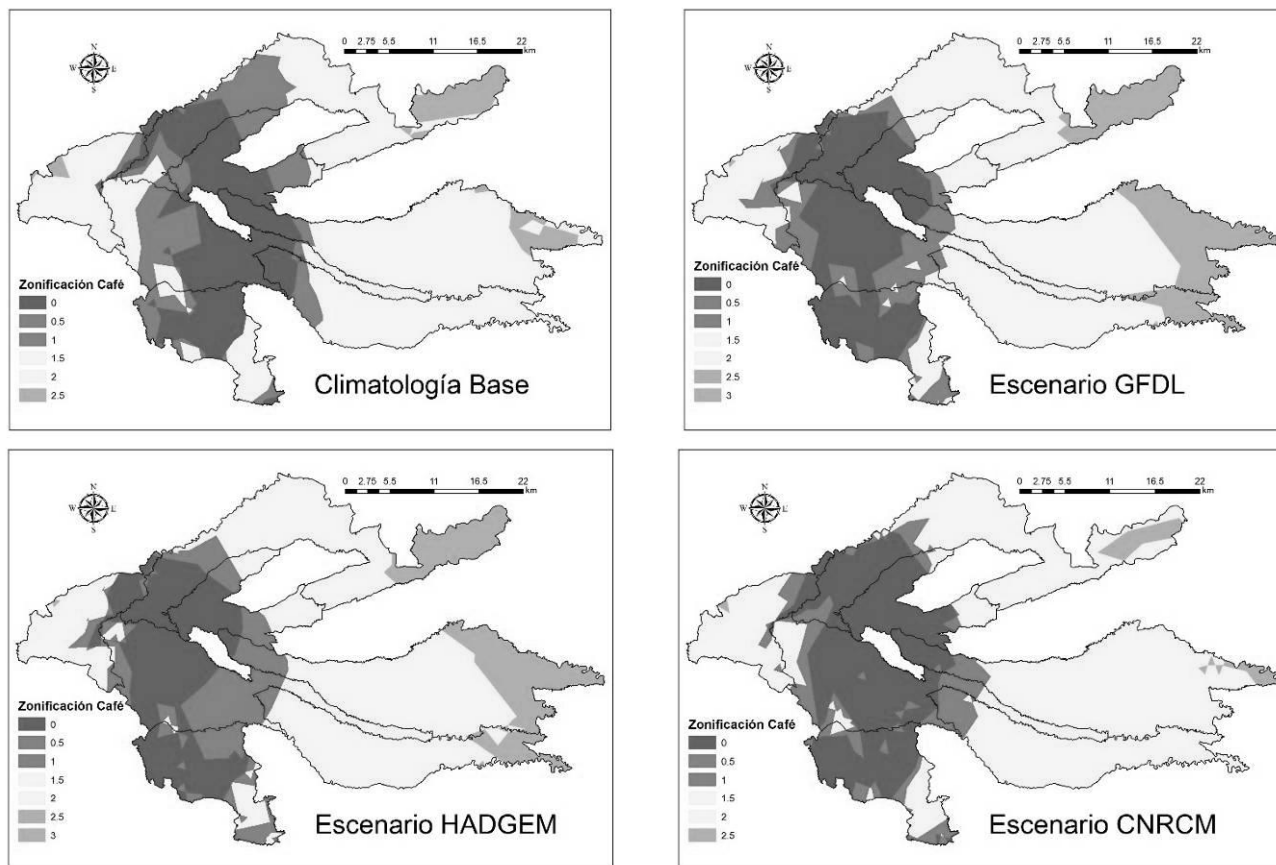


Figura 1. Zonificación agroecológica de café arábigo en la región de influencia de COORPROVER para la climatología de referencia y tres escenarios de cambio climático

Conclusiones

1. El proceso de investigación-acción participativa empleado en la presente investigación permite involucrar a los actores involucrados en la toma de decisiones sobre aspectos relacionados con la adaptación al cambio climático. El conjunto de saberes locales en combinación con el análisis de la información climática permite crear una línea temporal en donde los productores pueden identificar los periodos en donde ellos y sus antecesores registraron alteraciones en la temperatura y/o la precipitación y sus impactos en la producción de café. 2. Los modelos cartográficos de los posibles cambios en la distribución espacial del café sugieren un desplazamiento de la zona apta para el cultivo del aromático hacia zonas de mayor altitud, situación que corresponde con lo mencionado por los productores en el taller desarrollado. Se considera que la información generada en



el presente trabajo servirá como base para que la Coordinadora de Pequeños Productores del Centro de Veracruz pueda generar su propia estrategia de adaptación al cambio climático, y permitirá implementar actividades puntuales en cada una de las zonas altitudinales.

Literatura citada

- Fernández, A., J. Zavala, R. Romero, A.C. Conde y R.I. Trejo. 2015. Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México/ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Gobierno de la República. 2014. Estrategia nacional de cambio climático. Secretaría de Gobernación. México.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre cambio Climático). 2013. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 27 p. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, Pz.J., y Hanson, C.E. 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, USA.
- Solomon, S., D. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, USA.





ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PRODUCTORES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS GGAVATT DEL ESTADO DE GUANAJUATO

América Alejandra Luna Estrada³¹³ y Tomás Arturo González Orozco^{313*}

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la percepción de los productores sobre el desempeño de los servicios de asistencia técnica y capacitación brindados por el Programa de Apoyo a Pequeños Productores, a través de Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología (GGAVATT) en el estado de Guanajuato durante el periodo mayo de 2016-febrero de 2017. Se analizó la información obtenida mediante entrevistas de *Satisfacción del Cliente* efectuadas a 330 productores de los sistemas producto bovinos carne, bovinos leche, caprinos, ovinos, porcinos y abejas. Las variables evaluadas en el programa SPSS (2016, V24) fueron: 1) importancia de la junta mensual (**IJM**); 2) habilidad de los productores para organizarse y trabajar en equipo (**HPOyTE**); 3) percepción de mejora en su ingreso económico (**PMIE**); 4) evaluación de los Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) por la atención, capacitación y calidad del servicio (**EvPSP**); 5) participación de los productores (**PaP**) y 6) permanencia del PSP como asesor del grupo (**PerPSP**). En una encuesta, los productores asignaron una calificación a las cinco primeras variables, en una escala numérica que iba del 5 (valor mínimo) al 10 (valor máximo); y la **PerPSP** fue calificada con un “no” o “sí” estaban de acuerdo en la continuidad del PSP como asesor del grupo en el siguiente ejercicio; además, contó con una sección de opinión abierta al ejercicio. Los resultados mostraron valores promedio similares para **IJM** y a la **EvPSP**, 9.38 y 9.24, respectivamente. En el caso de **HPOyTE**, **PMIE** y **PaP** los valores fueron: 8.75, 8.93 y 8.96, respectivamente. En la **PerPSP**, 95.28% de los productores estuvieron de acuerdo con su continuidad; 4,2% no contestó la pregunta y 0.52% consideró que no. En relación a los comentarios, únicamente el 46.46% de los productores llenó este campo, 67.79% de los cuales dijeron estar satisfechos y de acuerdo con la continuidad de la asistencia técnica (AT);

³¹³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. luna.america@inifap.gob.mx.





18.64% solicitó mayor apoyo (por ejemplo, para la compra de equipo, materiales e insumos); 7.91% demandaron más capacitación y el 5.65% valora el trabajo en equipo como un factor importante para el buen desempeño de los grupos. Los productores participantes en los GGAVATT evaluaron satisfactoriamente su trabajo en grupo, el desempeño de los PSP y además perciben una mejora en su ingreso económico; asimismo, aprecian el programa de asistencia técnica como un medio eficaz para tecnificarse y desarrollar habilidades y conocimientos en su actividad productiva.

Palabras clave: ganaderos, capacitación, extensionismo, innovación, tecnología

Introducción

Diversos estudios señalan que el eje de los servicios de extensión agropecuaria son la asistencia técnica, la transferencia de tecnología y la capacitación. Estos tres elementos convergen hacia un mismo objetivo que es la apropiación del conocimiento y el uso de innovaciones tecnológicas por parte de los productores para que utilicen con mayor eficiencia los recursos de los que disponen, y de esta manera obtengan beneficios tangibles de su actividad productiva (Galindo, 2004; Muñoz y Santoyo, 2010). El proceso de innovación tecnológica en el campo mexicano, a través del extensionismo ha transitado por varias etapas y transformaciones con base en las características de los productores, el tipo de productos generados o de las políticas de gobierno. En México el extensionismo se implementó en la década de los años cincuenta, teniendo como referencia el modelo norteamericano, en el cual las instituciones del gobierno federal eran responsables de generar tecnologías, mientras que al sistema de extensión (también dependiente del gobierno) le correspondía extender o transmitir estos conocimientos a los productores, a través de los extensionistas (recientemente llamados Prestadores de Servicios Profesionales o PSP, por sus siglas). Sin embargo, este modelo de extensionismo no tomaba en cuenta a los productores y mucho menos existía retroalimentación entre los actores participantes (Galindo, 2004; Muñoz y Santoyo, 2010). A partir del cambio en el modelo de desarrollo económico del país, se han realizado numerosos esfuerzos por modificar y mejorar los





modelos de extensión agropecuaria para que los productores no solo desempeñen el papel de receptores del conocimiento, de técnicas y tecnologías, sino que también intervengan como actores que contribuyan a dar soluciones a sus problemáticas, participen en la toma de decisiones, y al mismo tiempo, desarrollen sus capacidades (Amaro y De Gortari, 2016; Cadena *et al.*, 2018). Uno de los objetivos del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias) es promover y apoyar la transferencia de conocimientos y tecnologías forestales, agrícolas y pecuarias; en el área pecuaria, este objetivo se ha llevado a cabo a través del modelo GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología), creado en esta institución. La metodología GGAVATT, además de promover el trabajo en equipo, la capacitación, el uso y apropiación de innovaciones tecnológicas en las unidades de producción (UP), tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de los productores como resultado de la tecnificación, rentabilidad y competitividad de su actividad productiva (Román *et al.*, 2007). En el estado de Guanajuato, desde 1999, parte de las actividades de transferencia de tecnología pecuaria se han realizado a través de este modelo. Para lograrlo, el INIFAP ha trabajado como responsable de capacitar a los agentes de cambio y a sus Coordinadores en la aplicación y operación del modelo GGAVATT, así como en el manejo e implementación de las herramientas necesarias para evaluar técnica y económicamente el impacto logrado en las UP; en estrecha vinculación con el Gobierno del Estado de Guanajuato y la SAGARPA (a través de los diferentes programas nacionales que han promovido la transferencia de tecnología en los últimos tres sexenios). El objetivo del estudio fue evaluar la percepción de productores del estado de Guanajuato en el desempeño de los servicios de asistencia técnica y capacitación, en el periodo mayo de 2016-febrero 2017, como beneficiarios del Programa Apoyo a Pequeños Productores, utilizando el modelo GGAVATT como fundamento metodológico.

Materiales y métodos

Se utilizó la información generada de las entrevistas de *Satisfacción del Cliente*, aplicadas a ganaderos de Guanajuato organizados como GGAVATT, que recibieron asistencia técnica y capacitación durante el periodo de mayo 2016-febrero 2017 (Cuadro 1), a través del





Programa Apoyo a Pequeños Productores (en el componente de Extensionismo). Las entrevistas de *Satisfacción del Cliente* fueron efectuadas al azar y de manera personal en las reuniones de evaluación final (en el último mes del servicio, contando con la asistencia de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural (SDAyR) y en ocasiones con autoridades locales del sector agropecuario). En estos eventos los PSP reúnen a los productores para presentar los resultados de las innovaciones tecnológicas implementadas, así como los indicadores de impacto técnicos y económicos logrados en las UP.

Cuadro 1. Número de GGAVATT, PSP, productores y municipios atendidos en el estado de Guanajuato por sistemas producto. Periodo mayo de 2016-febrero de 2017.

Sistema producto	Número de GGAVATT y PSP	Número de productores	Municipios
Bovinos carne	21	630	Apaseo el Grande, Celaya, Dolores Hidalgo, Manuel Doblado, Moroleón, Pénjamo, San José Iturbide, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Santiago Maravatío, Tarimoro, Tierra Blanca y Yuriria.
Bovinos leche	15	450	Abasolo, Dolores Hidalgo, León, Juventino Rosas, Romita, Tarimoro, Silao, Valle de Santiago y Villagrán.
Caprino	20	600	Acámbaro, Celaya, Comonfort, Huanímaro, Irapuato, Juventino Rosas, Tarimoro, León, Pénjamo, Salvatierra y Valle de Santiago.
Ovino	12	360	Abasolo, Celaya, Coroneo, Doctor Mora, Dolores Hidalgo, Irapuato, Jerécuaro, Pénjamo, Salamanca y San Luis de la Paz.
Porcino	5	150	Irapuato, León, Pénjamo y Yuriria.
Apícola	4	120	Dolores Hidalgo, León y Tarimoro.
Total:	77	2310	

Fuente: Elaboración propia con información generada en los GGAVATT de Guanajuato.

Para aplicar las entrevistas se diseñó un cuestionario que constó de seis preguntas, además de una sección abierta de comentarios y sugerencias. Las preguntas fueron: 1) importancia de la junta mensual (**IJM**); 2) habilidad de los productores para organizarse y trabajar en equipo (**HPOyTE**); 3) percepción de mejora en su ingreso económico (**PMIE**); 4) evaluación del PSP por la atención, capacitación y calidad del servicio (**EvPSP**); 5) participación de los





productores (**PaP**) y 6) permanencia del PSP como asesor del grupo (**PerPSP**). Las primeras cinco preguntas de la encuesta contaban con una calificación, en una escala numérica del 5 (valor mínimo) al 10 (valor máximo), que debía ser asignada por los productores; en tanto que la sexta pregunta, relacionada con la continuidad del PSP, se calificó de manera categórica, es decir, si estaban o no de acuerdo en su continuidad como asesor del grupo para el siguiente ejercicio. Se utilizó el programa SPSS (2016, V. 24) para el análisis descriptivo de las variables IJM, HPOyTE, PMIE, EvPSP y PaP; mientras que la variable PerPSP y los comentarios se evaluaron en el programa Excel (Office Microsoft®).

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se precisó con base en el número de productores atendidos por GGAVATT durante el periodo. Se empleó un muestreo aleatorio estratificado con afijación proporcional utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N - 1) e^2 + Z^2 p q}$$

Dónde: n = tamaño de la muestra; N = la población (2310 productores); $Z = 1.96$ (confiabilidad de 95%); $e = 0.05$ (margen de error 5%); $p = 0.5$ (probabilidad de que la muestra sea representativa) y $q = 0.5$ (probabilidad de que la muestra no sea representativa). El tamaño de la muestra fue de 330 ganaderos, distribuidos en seis sistemas-producto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tamaño de muestra por afijación proporcional.

Estrato	Sistemas producto	No. de productores en el estrato	Proporción	Muestra del estrato	Muestra obtenida
1	Bovinos carne	630	27.3%	90	106
2	Bovinos leche	450	19.5%	64	71
3	Caprinos	600	26.0%	86	99
4	Ovinos	360	15.6%	51	61
5	Porcinos	150	6.5%	21	25
6	Abejas	120	5.2%	17	19
Total		2,310	100.0%	330	381

Fuente: Elaboración propia con información generada en los GGAVATT de Guanajuato.





Resultados y discusión

Al analizar la información se identificó que todas las variables tienen un comportamiento anormal con asimetría negativa acentuada en las variables **EvPSP** (-1.949) y **IJM** (-1.608), es decir, 88.30% y 82.37% de los productores evaluaron estas variables con calificaciones entre 9 y 10, respectivamente (Figura 1).

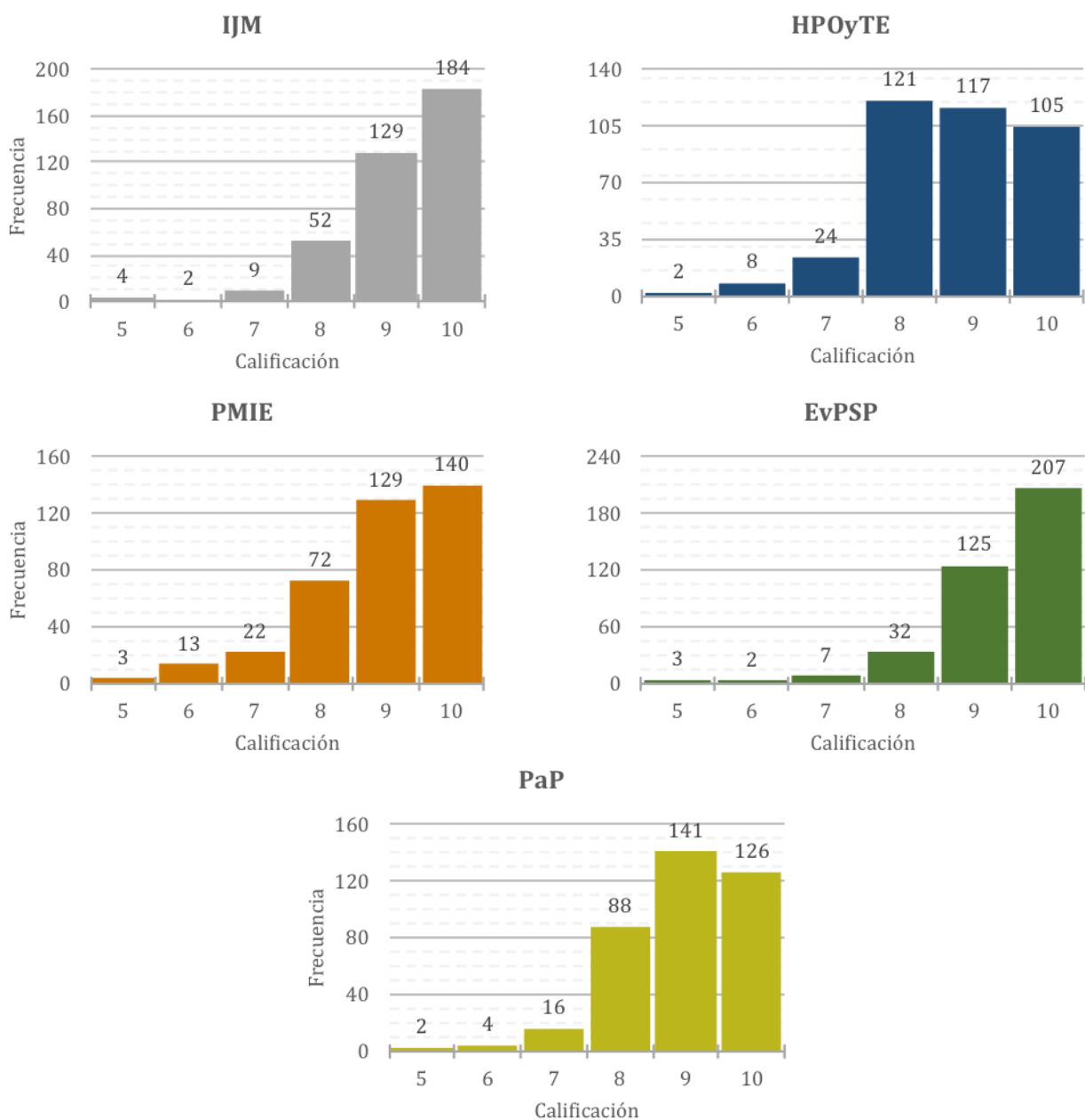


Figura 1. Distribución de frecuencias de las variables de estudio.





La variable **HPOyTE** presentó valores de asimetría y curtosis cercanos a cero (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadística descriptiva de las variables de estudio. Periodo mayo de 2016-febrero de 2017.

Variables	IJM ¹	HPOyTE ²	PMIE ³	EvPSP ⁴	PaP ⁵
Media	9.24	8.75	8.93	9.38	8.96
Error estándar de la media (E.E.M.)	0.048	0.053	0.057	0.044	0.049
Moda	10	8	10	10	9
Desviación estándar (D.E.)	0.936	1.033	1.107	0.862	0.959
Varianza	0.875	1.068	1.225	0.743	0.919
Asimetría	-1.608	-0.579	-1.082	-1.949	-0.873
Error estándar de asimetría (E.E.A.)	0.125	0.126	0.125	0.126	0.126
Curtosis	3.725	0.219	0.940	5.515	1.010
Error estándar de curtosis	0.250	0.251	0.250	0.251	0.251
Mínimo	5	5	5	5	5
Máximo	10	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia con información generada en los GGAVATT de Guanajuato.

¹IJM = importancia de la junta mensual; ²HPOyTE = habilidad de los productores para organizarse y trabajar en equipo; ³PMIE = percepción de mejora en su ingreso económico; ⁴EvPSP = evaluación del PSP por la atención, capacitación y calidad del servicio y ⁵PaP = participación de los productores.

Los resultados del Cuadro 3 demuestran que los productores consideraron que las juntas mensuales y el trabajo de los PSP tuvieron la misma importancia durante el servicio, ya que los valores promedio de estas variables fueron similares (9.38 y 9.24, respectivamente). Es posible que este resultado se atribuya a que las juntas mensuales representen un medio de refuerzo en su proceso de aprendizaje cuando reciben AT. De acuerdo con Cuevas *et al.* (2012) los productores requieren de elementos como capacitación, asistencia técnica y organización, entre otros, que potencialicen el impacto por el uso de componentes tecnológicos y poder hacer más eficiente sus UP. En el mismo contexto, en un estudio donde se evaluó la adopción tecnológica en los GGAVATT del sistema de doble propósito en seis estados de la República Mexicana, al medir el componente de capacitación se encontró que, sin importar el tamaño de las UP, la asistencia a las juntas mensuales representó la actividad con mayor participación: 83.26% (Contreras *et al.*, 2015). Los valores promedio para **HPOyTE**, **PMIE** y **PaP** fueron 8.75, 8.93 y 8.96, respectivamente; aunque aceptables, quizá reflejen que los PSP requieren fortalecer entre los productores la identidad de grupo, así





como las ventajas productivas y económicas que conlleva la organización y el trabajo en equipo. Lo anterior, puede estar relacionado con varios factores como el liderazgo de los PSP o la participación de los productores en los programas de AT y capacitación. Al respecto, Galindo (2007) al estudiar el servicio de AT en agricultores del estado de Zacatecas, encontró que algunos de los problemas que se presentaban fueron la falta de interés de los beneficiarios para realizar innovaciones tecnológicas, organización y apoyo económico, así como la dificultad de los PSP para comunicarse y disponer de material didáctico apropiado. Por otro lado, Cuevas *et al.* (2014) realizaron un estudio sobre el capital humano como proveedor de AT pecuaria, observando que el 68.8% de los PSP mencionaron la falta de interés de los productores por adoptar innovaciones; aunado a lo anterior, otras de las dificultades que enfrentaban los PSP eran la inversión de tiempo y capital cuando las UP estaban ubicadas lejos de su lugar de residencia, lo que hacía ineficiente su trabajo. No obstante que en el presente trabajo no se consideró la opinión de los PSP, varios autores señalan que entre otros factores limitantes de la eficiencia de la AT se encuentran: el sueldo insuficiente (lo que propicia que los PSP busquen otras fuentes de ingreso, con lo que se reduce el tiempo para visitar las UP y realizar las actividades comprometidas), la falta de continuidad del programa y la incertidumbre de continuar como asesores de los grupos (Bustos *et al.*, 2008; Muñoz y Santoyo, 2010; Cuevas *et al.*, 2014).

Respecto a la **PerPSP**, es notable que el 95.28% de los productores están de acuerdo con la continuidad de su PSP, denotando una alta satisfacción en el servicio recibido; no obstante, el 4.20% no contestó la pregunta y solo el 0.52% manifestó no estar de acuerdo con su permanencia en el siguiente periodo (Figura 2).

En relación con los comentarios recibidos, únicamente el 46.46% de los productores llenó este campo, y de ellos el 67.79% estuvo satisfecho y de acuerdo en la continuidad de la AT; el 18.64% menciona que debe existir mayor apoyo para pequeños productores (por ejemplo, para la compra de equipo, materiales e insumos); 7.91% solicitaron más capacitación y el 5.65% retoma el trabajo en equipo como un factor importante para el buen desempeño de los grupos (Figura 3).



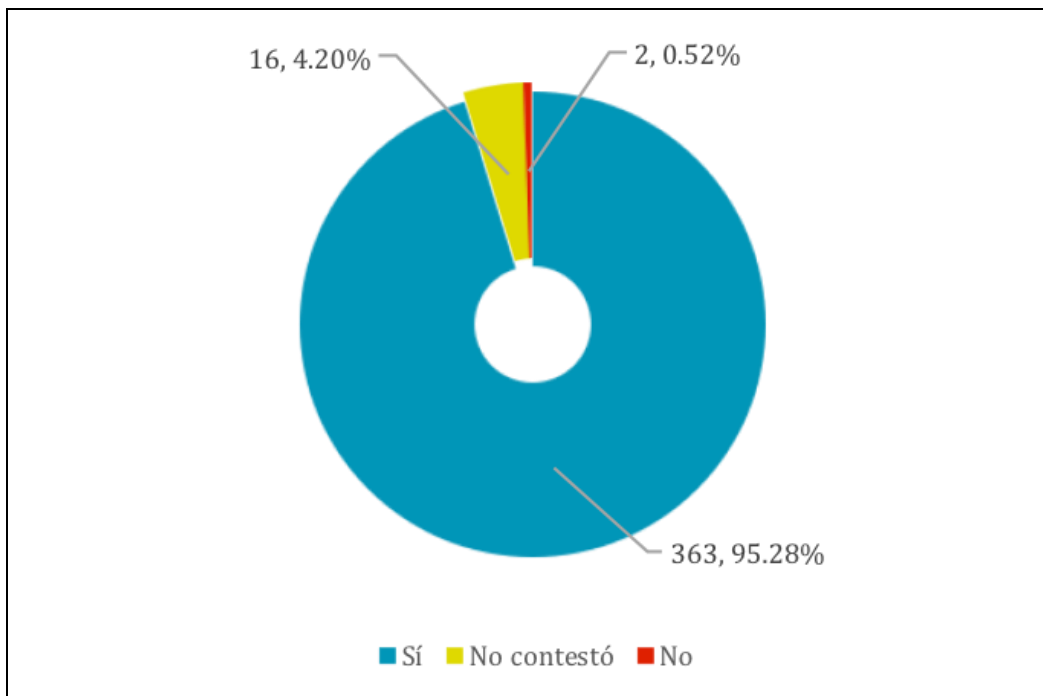


Figura 2. Permanencia del PSP como asesor técnico.

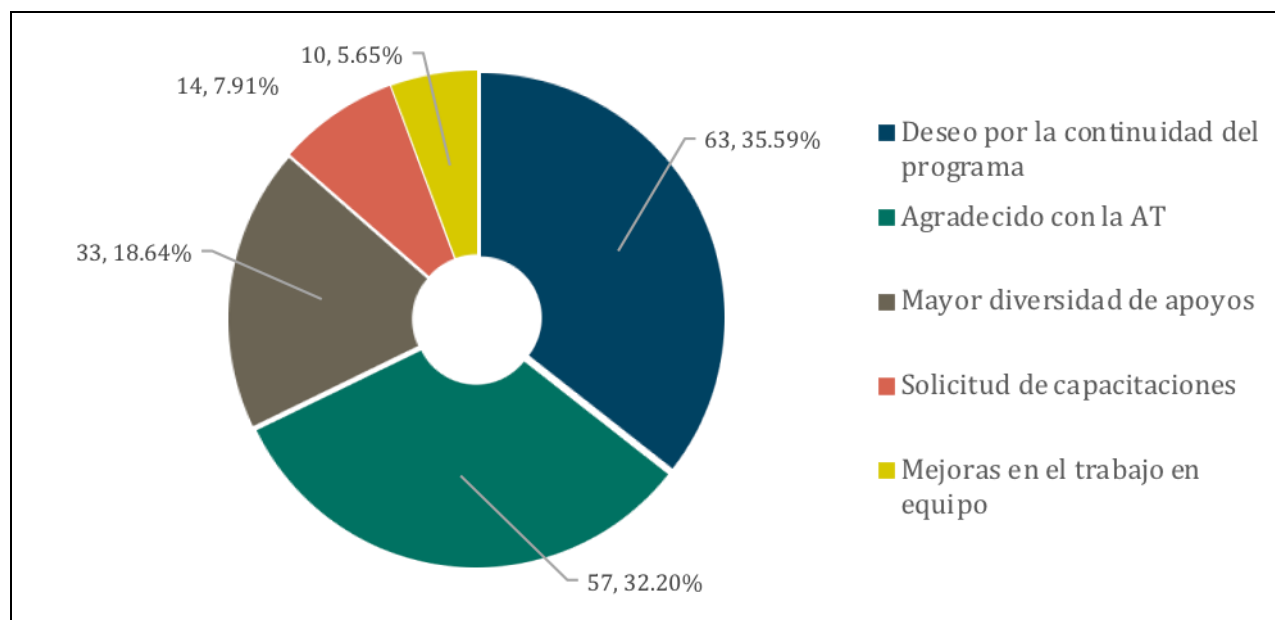


Figura 3. Comentarios realizados por los productores entrevistados.



Conclusiones

1.- Es evidente que los productores participantes en los GGAVATT valoran satisfactoriamente su trabajo en grupo, el desempeño de los PSP y perciben además una mejora en su ingreso económico. 2. El desempeño satisfactorio de los PSP parece haber sido determinante para que un elevado porcentaje de productores demandarán su continuidad como asesores técnicos en el siguiente ejercicio. 3. El deseo de los productores por la continuidad de este tipo de programas puede interpretarse como una percepción positiva a los apoyos gubernamentales, y que su participación en ellos resulta un medio eficaz para tecnificarse, y desarrollar habilidades y conocimientos en su actividad productiva. 4. A la evaluación del desempeño de los PSP por parte de los productores debe considerarse fundamental cuando instancias normativas de la federación emiten un dictamen de continuidad. 5. Es deseable la creación de un padrón nacional de PSP con experiencia en la transferencia de tecnología, cuyo desempeño sea satisfactorio e incluya su perfil profesional. Esta base de datos deberá estar disponible para los productores, con la finalidad de facilitar la elección y contratación del PSP que se ajuste a sus necesidades.

Agradecimientos

A la SDAyR del estado de Guanajuato por el financiamiento otorgado al proyecto: *Capacitación, Seguimiento y Evaluación de Prestadores de Servicios Profesionales en Extensión Pecuaria*, mediante el cual fue posible obtener la información que aquí se presenta. Se hace extensivo a los productores integrantes de los GGAVATT, a los extensionistas y Coordinadores de los grupos.

Literatura Citada

Amaro, R. M. y R. de Gortari R. 2016. Políticas de transferencia de tecnología e innovación en el sector agrícola mexicano. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 13:449-471.





- Bustos, C. D. E., J. A. Espinosa G., T. A. González O. y C. A. Tapia N. 2008. GGAVATT en el estado de Guanajuato. Análisis del cambio de actitud en los productores. Publicación Técnica No.1. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Querétaro, México. 61 p.
- Cadena, I. P., F. Guevara H., R. A. Argüello A. y R. Rendón M. 2018. Proceso de comunicación, extensionismo y adopción de tecnologías. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 9(4):851-864.
- Contreras, C. E.A., J.A. Espinosa G., A. Vélez I., V. Cuevas R., R. Vázquez G., J. Rangel Q. *et al.* 2015. La capacitación y organización componentes clave para la adopción de tecnología en el sistema de doble propósito en México. p. 799-810. *In: Libro de Proceedings III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento 2015.* Bolívar, Ecuador.
- Cuevas, R.V., J. Baca del M., F. Cervantes E. y J. Aguilar Á. 2012. Asistencia técnica en el sector agropecuario en México: análisis del VIII censo agropecuario y forestal. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(5):943-957.
- Cuevas, R. V., J. Baca del M., F. Cervantes E., J. Aguilar Á. y J. A. Espinosa G. 2014. Análisis del capital humano proveedor de la asistencia técnica pecuaria en Sinaloa, México. *Región y Sociedad* 59:151-182.
- Galindo, G. G. 2004. Estrategias de difusión de innovaciones agrícolas en México. *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas.* 3:73-79.
- Galindo, G. G. 2007. El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. *Revista Convergencia* 14(43): 137:165.
- Muñoz, R.M. y V.H. Santoyo C. 2010. Del extensionismo a las redes de innovación. p. 31-69. *In: Santoyo C., V.H. (ed.). Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural.* Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México.
- Román, P. H., U. Aguilar B., R. Amaro G., H. Bueno D., J. L. Chagoya F., E.T. Koppel R., *et al.*, 2007. Manual para la Planeación, Seguimiento y Evaluación del Modelo GGAVATT. Folleto Técnico Núm. 27. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México.





PROCESO DE CAPACITACIÓN PARA CONTRARRESTAR DAÑOS POR ROYA DEL CAFETO *Hemileia vastatrix* Berk et Br. EN MÉXICO

Rosalío López Morgado^{314*}, Luis Eduardo García Mayoral³¹⁴ y Modesto Carlos Castillo Guerrero³¹⁵

Resumen

En México empieza a conformarse una cafecultura a base de variedades con resistencia y/o tolerancia a roya de los “grupos genéticos” catimor, sarchimor o cavimor; con caracteres adicionales de alto rendimiento y porte vigoroso, los cuales demandan un manejo diferente de los cafetales al que se hace con las variedades convencionales. Esto en una respuesta a la presencia y severidad de la roya del café *H. vastatrix*, mismo que se agudizó en el país desde el ciclo de cosecha 2012-2013 a la fecha, llevando los rendimientos unitarios de café cereza, en algunos casos, a una producción de cero. Ante esta situación, se llevaron a cabo en cinco estados productores de café varios procesos de capacitación (cursos-talleres) y se realizaron foros incluyentes, donde investigadores, agentes de cambio y productores expresaron su problemática sentida y percibida y compartieron conocimientos y saberes locales; con lo cual se propició una mayor comprensión sobre la pertinencia de implementar innovaciones tecnológicas en la producción de planta de calidad agronómica, de garantizar la legitimidad genética del material de plantación y la necesidad de renovar los cafetales, todo ello en pro de la mejora de la cafecultura nacional, sobre todo en términos de la consecución de mayores rendimientos unitarios, al confrontar la roya del café con un manejo integrado. La definición precisa del problema y las formas de trabajo incluyente en los procesos de enseñanza aprendizaje para la capacitación y transferencia de tecnología mostraron como la participación de productores, entre otros actores sociales, complementa el conocimiento generado por el quehacer científico, haciendo ver que los problemas complejos exceden la capacidad de los investigadores y académicos expertos, por lo que se abrieron espacios para propuestas y soluciones conjuntas. El proceso contempló 12 cursos y seis

³¹⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. lopez.rosalio@inifap.gob.mx

³¹⁵ Prestador de servicios profesionales por proyecto.





foros; cinco estatales y uno interestatal, con un registro de 1684 asistentes entre productores, agentes de cambio, investigadores/académicos y estudiantes.

Palabras clave: enseñanza-aprendizaje, enfoque participativo, incluyente, problemática definida.

Introducción

En el país, alrededor de dos terceras partes del café se produce en los llamados sistemas tradicionales de policultivo y rusticano (Toledo y Moguel, 2012), escenarios donde existen casos de pequeñas fincas de café, con producción diversificada, donde el cafeticultor basa sus procesos de producción en la mano de obra familiar. Dándose en este marco de circunstancias la adquisición y uso de pocos insumos externos, obteniéndose de la finca también algunos alimentos e ingresos que complementan la economía del hogar cafetalero, aprovechando la biodiversidad asociada al cafetal bajo sombra (Contreras, 2010), esto permitió antes del brote epidémico de la roya del cafeto, que en la pequeña unidad de producción, se lograra rentabilidad positiva del cafetal (López *et al.*, 2013a). Resulta importante conjuntar este conocimiento sobre cafetales diversificados productivamente y las formas de obtener planta de calidad mediante el uso de semilla con conocimiento de su origen, proveniente de material genético resistente a roya, en eventos de capacitación donde los facilitadores del proceso de enseñanza-aprendizaje y los asistentes al evento establezcan nexos de comunicación (Calivá, 2009), de modo que los hechos resultantes conlleven a una apropiación del conocimiento en torno al manejo integrado de la roya del cafeto.

La roya anaranjada del cafeto se consideró un problema fitosanitario de importancia económica en México a partir del ciclo de cosecha 2012-2013, lo que resultó en graves daños a la producción en los ciclos subsecuentes. Derivado de la severidad de esta enfermedad, se presentan fuertes defoliaciones y reducciones en el rendimiento debido a que los frutos no alcanzan su madurez plena (SENASICA, 2013 y 2016); también, las defoliaciones recurrentes traen como resultado un agotamiento prematuro de los cafetos que ocasionan baja en los volúmenes de producción del aromático (Barquero, 2013). Así, a partir





de 2012, miles de productores de café en México han afrontado los daños ocasionados por la roya, gestándose acciones institucionales (SAGARPA, 2016a y 2016b) y de organizaciones de productores para reducir los daños. Se priorizó el uso de la resistencia genética para atenuar el ataque del agente causal de la enfermedad (Zamarripa *et al.*, 2013), ya que el control más eficaz se logra cuando se evita la infestación por la roya (Buriticá, 2010). Esta estrategia demandó altas cantidades de semilla de variedades de café resistentes a la roya del cafeto, y forzó iniciativas de importación y ubicación de predios nacionales de suministro de simientes. Con ello, se dio prioridad a la producción de semilla certificada y de origen garantizada, a fin de contar en lo sucesivo con material de plantación de calidad en la conformación de los cafetales de México (SAGARPA, 2016a; López, 2017a). Sin embargo, en México, hasta ahora, no se cuenta con un programa con integración intersectorial para la generación de conocimientos y acciones de capacitación que conlleven contenidos de transferencia de tecnología a productores y los doten de medios para observar el comportamiento del ciclo de la roya, a fin de generar información local de campo más precisa sobre la epidemiología de la enfermedad en sitios específicos (Hernández y Velázquez, 2016).

Una actividad importante que se realiza en Guatemala es la capacitación de los caficultores con nuevas tecnologías y conocimientos para reactivar la actividad cafetalera después de que ésta fuera diezmada por la roya (Orozco, 2015). En El Salvador también se busca potenciar los servicios de asistencia técnica y capacitación, con fundamento en las bases científicas aportados por la investigación, con responsabilidad social y ambiental (Hernández, 2015); los objetivos se resumen aquí en acciones, como la renovación de cafetales con variedades resistentes a roya y el ajuste de un programa de manejo integrado de esta enfermedad, que implique el uso de productos y prácticas agronómicas adecuadas. De esta forma, tomando en cuenta la importancia de la capacitación relacionada con el Control Integrado de la Roya, ésta es una acción importante cuando se direcciona hacia los productores, técnicos y otros actores relacionados con la actividad cafetalera (Barquero, 2013).

En México, el INIFAP, mediante convenio con la AMECAFE, a través del Centro de Investigación Regional Golfo Centro, operó de 2015 a 2017 el proyecto: “Estrategia para fortalecer centros estatales de innovación e impulsar la productividad y calidad del café





mexicano”, el cual conllevó un fuerte componente de capacitación a través de cursos, que involucraron talleres en algunas comunidades, y foros participativos a nivel estatal (López, 2017b). Los objetivos en materia de capacitación se centraron en: 1. Fortalecer la innovación tecnológica a través de acciones de capacitación y foros que facilitaran la adopción de la resistencia genética mediante el uso de semilla de variedades con caracteres de resistencia o tolerancia a la roya del cafeto, y 2. Capacitar a productores viveristas y agentes de cambio en la producción de planta de café *C. arabica*, en sus distintas variantes, a fin de que se contemplaran los criterios técnicos de revisión de viveros en el proceso productivo de material de plantación de café (SAGARPA, 2016a), para lo cual, los eventos de capacitación consideraron una temática que abarcó desde la semilla y manejo de semilleros viveros, hasta el establecimiento y manejo de plantaciones de café, haciendo énfasis en un marco de referencia de bajos rendimientos regionales de café cereza, debido al brote de roya y a los bajos precios internacionales del café convencional o genérico y complementando las cifras de producción con cartografía regional para ubicar los sitios de agudización de la problemática.

Materiales y métodos

Los procesos de capacitación (cursos-talleres y foros incluyentes) estuvieron precedidos por investigación que analizó datos agroecológicos (Padilla *et al.*, 2012) y de producción de café. Esta información sistematizada propició mayor comprensión de la pertinencia de implementar innovaciones tecnológicas en la producción de planta y de renovación de cafetales, en pro de la mejora productiva de la cafecultura regional y estatal. El trabajo incluyente y la información de base como instrumentos didácticos orientaron el proceso de enseñanza aprendizaje-hacia un enfoque participativo (Gonsalves *et al.*, 2006) que facilitara a la comunidad local de cafecultores(as), influir y aportar saberes sobre sus secuencias de prácticas productivas y la organización que realizan en su entorno cafetalero. El aporte de aprendizajes en las experiencias de capacitación y transferencia de tecnologías, tanto por el equipo de facilitadores como por los participantes en los eventos (Calivá, 2009), proporcionó información que fue sistematizada y documentada como una experiencia de hechos





principales identificados (FAO, 2004, 2016), y que podría considerarse como indicativos exitosos del proceso de capacitación (Acosta, 2005).

El ámbito del proyecto se circunscribió a los principales estados productores de café en México: Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Veracruz; cuya producción antes de que la roya provocara epidemias de magnitud importante fue de alrededor de 4 millones de sacos de 60 kilos. Estos cinco estados contribuyen con más del 90% del volumen de café en México e incluyen en su conjunto 41 regiones productoras de café que comprenden 406 municipios. Aquí convergen diferentes ambientes físicos, sociopolíticos, económicos y culturales, así como tecnológicos (López, 2017a). Al depender la productividad del cafetal a establecer de la calidad agronómica y la legitimidad genética del material de plantación, uno de los problemas que hubo que atacar fue la forma de lograr atributos de calidad en la planta de café proveniente de los viveros. En parte, había que transferir a los viveristas y productores de café el conocimiento de las regulaciones que los programas gubernamentales del sector indican para los procesos de producción de planta de café, así como la aplicación de componentes tecnológicos de sanidad y nutrición en el manejo de viveros (SAGARPA, 2016b).

En consecuencia, en los cursos se instruyó a los participantes sobre las necesidades técnicas de producir material de plantación de café con legitimidad genética y calidad agronómica, ya que la planta de café de calidad es el cimiento de un emprendimiento a 20 o más años en la producción de café, lo cual requiere de un buen inicio de inversiones; los cursos se planearon para realizarse en al menos dos regiones por estado. Asimismo, mediante foros participativos estatales, se abordó el reto de elevar los rendimientos de café, a fin de colocar nuevamente al país en el escenario mundial de productores del aromático, concluyéndose con un foro interestatal. En forma sinóptica y esquemática, el flujo metodológico se indica en la Figura 1.



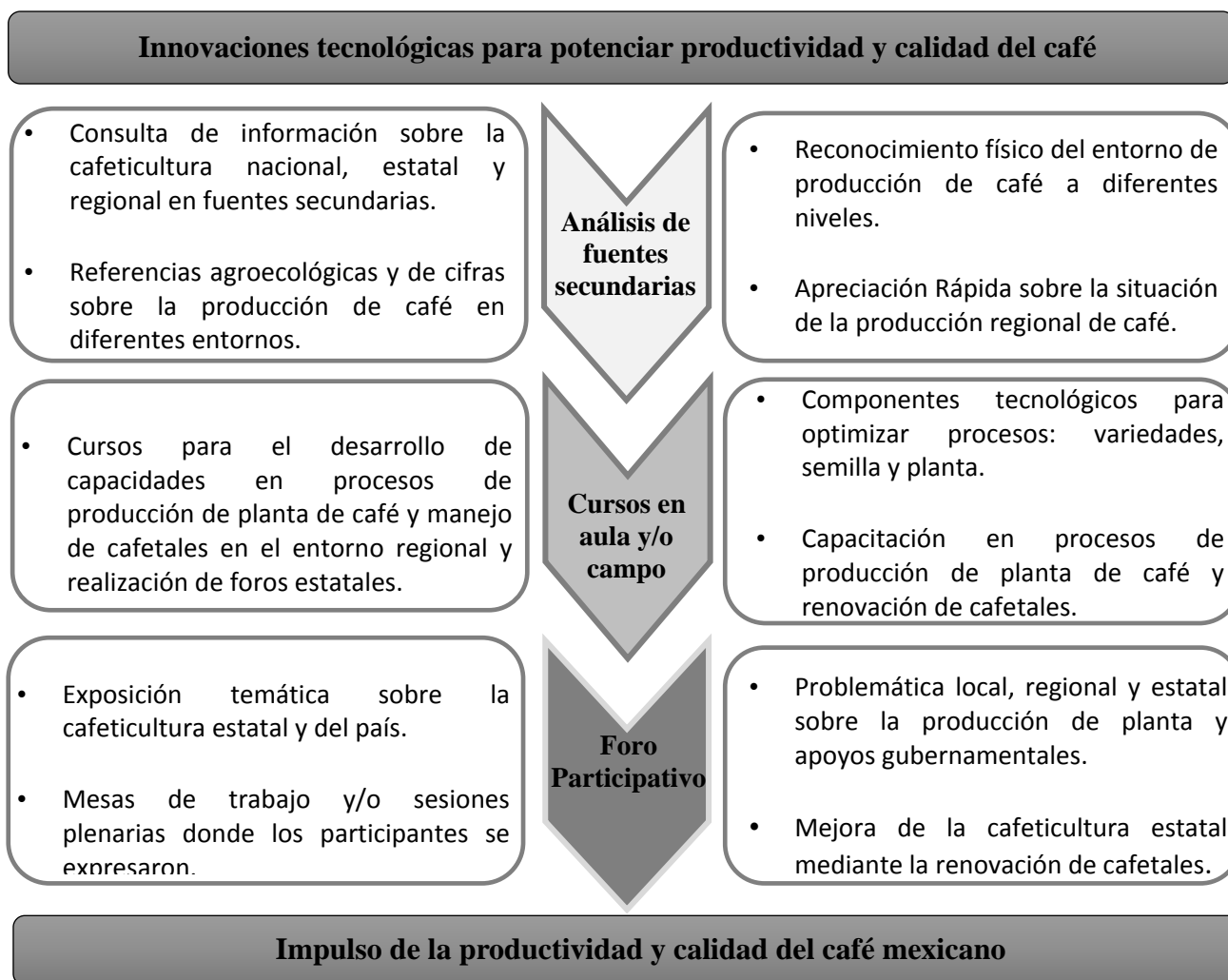


Figura 1. Acciones de capacitación a través de cursos y foros sobre producción de planta y temas relacionados con la renovación de cafetales para minimizar el ataque de *H. vastatrix*.

En esta tesitura, fue necesario llevar a cabo una sucesión metodológica donde se tomara en cuenta la participación activa de los productores en el transcurso de la capacitación sobre tecnologías de procesos y de productos en la producción de material de plantación y el manejo de cafetales. De manera colateral, se abordó la necesidad ético-moral de preservar la diversidad genética de las poblaciones locales de especies vegetales y animales como una forma de reproducir la comunidad a través de sus recursos naturales (López *et al.*, 2013c), sobre todo a través de la implementación de componentes tecnológicos básicos como buen material de plantación, trazo de plantaciones y densidad de población, control de arvenses y plagas, poda de cafetos y la regulación de sombra (López *et al.*, 2013b).



Resultados y discusión

Análisis de fuentes secundarias

En un esfuerzo por detallar el contexto en el que se encuentra la cafecultura del país en materia de producción de café, se trabajó con cartografía para ubicar y cuantificar el decremento en el rendimiento de café, y facilitara a los capacitandos la apropiación del aprendizaje. Los bajos rendimientos de café cereza son parte central del problema, pues se registraron casos donde apenas se alcanzaban alrededor de media tonelada de café cereza (dos quintales), mientras que en países como Costa Rica se logran rendimientos promedio de seis a ocho toneladas de café cereza por hectárea; con máximos de 10 a 12 toneladas (Barquero, 2017). Al exponer este factor de productividad en los eventos de capacitación y transferencia de tecnología, los cafecultores se vieron confrontados con una situación problemática cuya solución, en gran parte, radicaba en la intervención de ellos mediante la renovación de sus fincas con variedades resistentes a la roya, en la mayoría de los casos, incluyendo otros componentes tecnológicos.

Cursos intramuros y/o campo

Las acciones de capacitación referidas a cursos totalizaron 12 eventos, los cuales se realizaron en tres regiones productoras del estado de Puebla, más dos eventos en la región de Córdoba, Veracruz y un evento adicional en la región de Misantla. El Cuadro 1 sintetiza los cursos impartidos en aula y/o campo, con un total de 1226 asistentes. La temática de los cursos incluyó la complejidad de causas que generaron la caída en la producción de café en México, al grado que los 2.3 millones de sacos que se produjeron en el ciclo 2014-2015 prácticamente “expulsaron” a México como país exportador de café; cuando hace apenas 10 años, las exportaciones de café representaban el 35% de las exportaciones agrícolas del país (Escamilla, 2007). Con ello se resalta el fenómeno de la roya del cafeto como la principal causa de la crisis de producción de café en México.





Cuadro 1. Número de asistentes en la cobertura de cursos-talleres impartidos en los estados contemplados en el proyecto.

Estado	Región	Municipio	Asistentes			Total
			Productores	Técnicos	Otros	
Chiapas	Soconusco	Tuxtla Chico	48	88	6	142
	Centro	Ocozocuatla	44	62	2	108
Guerrero	Costa Grande	Atoyac de Álvarez	130	24	4	158
	Costa Chica	Sn Luis Acatlán	101	16	5	122
Oaxaca	Sierra Sur	Pluma Hidalgo	25	20	7	52
	Papaloapan	Valle Nacional	55	8	1	64
Puebla	Sierra Nororiental	Cuetzalan del P.	35	20	0	94
	Sierra Norte	Xicotepec de J.	61	33	0	55
	Sierra Negra	San. S. Tlacotepec	60	28	0	88
Veracruz	Córdoba	Ixtaczoquitlan	91	10	9	110
		Naranja	119	46	3	168
	Misantla	Chiconquiaco	55	2	8	65
Total de asistentes			824	357	45	1226

La exposición de componentes tecnológicos comenzó con la situación de las variedades de café y la disponibilidad de semilla en el país, para luego exponer lo concerniente a la producción de planta y el establecimiento y manejo de cafetales; esto último con una perspectiva de renovación de fincas. Dentro del manejo de viveros y plantaciones de café, se hizo énfasis en la fitosanidad del cafetal y en la importancia de un sombreado con diversidad de especies y de propósitos productivos de esta agrobiodiversidad.

Al final de cada curso se dio a conocer el proceso de seguimiento técnico y verificación permanente del proceso de producción de planta en viveros, conforme a la guía de producción de planta de café (SAGARPA, 2016b), exponiéndose los principales criterios que determinarán la aceptación del material de plantación obtenido. En general, en cada evento se propició el aprendizaje en forma grupal, facilitándose el compartimiento de experiencias bajo el principio asentado por Freire (1970) donde “el que enseña aprende y el que aprende enseña”.





Foros participativos

Los foros se conceptualizan como reuniones que se llevan a cabo para discutir y reflexionar sobre factores de interés ante un auditorio que interviene en la discusión; los foros han comenzado a utilizarse con frecuencia en la educación virtual, especialmente como instrumentos de debate y reflexión (Castro *et al.*, 2016). El número de intervenciones se ha considerado como una forma de medir la calidad de los foros, pero la calidad de los diálogos en un foro no es precisamente la cantidad de aportaciones (Bossolasco, 2010). En este sentido, los foros estatales sobre producción de planta de café fueron concebidos como una técnica de comunicación a través de la cual el público asistente opinó sobre la estrategia seguida en la producción de planta de café. En un primer bloque, intervinieron expertos exponiendo la problemática cafetalera nacional y del estado en que se impartió el curso. Un segundo bloque lo conformó una serie de ponencias relacionadas con la roya del cafeto, su impacto en las regiones productoras de cada estado y el manejo integrado de esta enfermedad. Un tercer bloque lo conformaron mesas de trabajo para intercambiar conocimientos y saberes, tecnologías e innovaciones, ideas y puntos de vista; donde el tema central fue la producción de material para una plantación de café. La asistencia estuvo compuesta por productoras(es), agentes de cambio y académicos/investigadores entre otros, que sumaron en total 458 asistentes (Cuadro 2).

Las mesas de trabajo se integraron por grupos de diálogo identificados temáticamente (Forética, 2009), que para el caso fueron generalmente dos mesas: 1. Semilla, variedades y manejo de viveros de café, y 2. Distribución de planta y renovación de cafetales. Así, estos espacios permitieron el análisis y discusión de perspectivas, a veces personales y a veces de interés grupal.





Cuadro 2. Sede de los foros estatales y tipo de asistentes a los mismos.

Estado	Sede del evento	Asistentes			Total
		Productores	Técnicos	Otros	
Chiapas	C.E. Centro de Chiapas, municipio de Ocozocuautla	30	23	8	61
Guerrero	Casa de la Cultura, Cd. de Acapulco	32	35	13	80
Oaxaca	C.E. Valles Centrales de Oaxaca, Municipio de Etlá	45	50	15	110
Puebla	Delegación Estatal de la SAGARPA, Cd. de Puebla	17	8	13	38
Veracruz	Estatal: Universidad Autónoma Chapingo. CRUO-Huatusco	49	21	9	79
	Interestatal: H. Ayuntamiento de Coatepec, Coatepec, Veracruz.	37	26	27	90
Total de asistentes		210	163	85	458

Los foros estatales posibilitaron el enlace entre los tomadores de decisiones y quienes esencialmente generan puntos de vista grupales sobre las políticas que se desarrollan, en este caso sobre la producción de planta de café. Se distribuyó el uso de la palabra y se limitó el tiempo de las intervenciones, pero se promovió la participación espontánea de los integrantes de cada mesa de trabajo. En el marco teórico expuesto se realizaron los foros estatales bajo el título de “Foro Participativo de Producción de Planta de Café” tomando el nombre conforme al estado en que este se realizaba.

Conclusiones

1. El aprendizaje grupal facilitó el compartir experiencias y propició el emprendimiento de los productores de café en la producción de planta y la renovación de cafetales. 2. El equipo de facilitadores del proceso de enseñanza-aprendizaje considera que el factor “detonante” en un aprendizaje significativo fue el exponer una problemática acentuada que incidía de manera crítica en la situación de la cafecultura nacional. El factor común fue la nula rentabilidad de los cafetales, cuya principal causa son los bajos rendimientos debido a la severidad de la roya. 3. Después de exponer temas relacionados con la problemática nacional en cafecultura y las políticas sectoriales, así como aspectos técnico-científicos sobre la roya del café y resultados de los foros estatales; las reflexiones plenarias se resumen en los siguientes temas: **Semilla**. Se señaló la necesidad de conformar un





padrón de productores de semilla de calidad y certificada, a fin de que la simiente que se utilice en lo sucesivo sea de origen conocido; en la elección de proveedores debe intervenir el SNICS, institución que le requerirá a los obtentores o gestores de registro de variedades, la Carta de Identidad Varietal del material genético a distribuir. Con estas acciones se garantizará el proceso de verificación y declaración de semilla certificada, misma que deberá contar con su etiqueta y folio de control. **Variedades.** Se deben documentar las fichas técnicas de las variedades elegibles mediante información oficialmente respaldada, en cuanto a características de porte, rendimiento y calidad en taza. Se reconoce que el mercado influye en la elección de la variedad a cultivar, a veces más que las observaciones técnicas de ambientes propicios para cada material genético. Se acordó que de manera preferente se deben cultivar las variedades con resistencia a roya, y que estas tienen cabida en el mercado; sin embargo, no hay que descartar materiales susceptibles con alta calidad en taza. **Viveros y tecnología.** Se dará preferencia a tecnologías de producción mediante bolsa de polietileno calibre 400, observándose parámetros definidos de calidad en la planta a obtener, ya que se ha visto que se distribuye material de plantación con fines económicos del viverista y no productivos, que benefician en forma directa al productor de café. Se señaló que hay retraso en la verificación y liberación de material de plantación por parte de la SAGARPA, por lo que a veces se tiene que entregar planta con más de tres pares de ramas laterales, lo cual es un indicador de un material sobrepasado para llevar a campo, ya que técnicamente está definido que la relación parte aérea – raíz debe ser 60-40. Finalmente, se aclaró que los pequeños productores si cuentan con semilla certificada y que también son sujetos de apoyo para producir planta de café, lo cual se sugiere sea mediante grupos comunitarios para el logro de material de plantación en lugares alejados de vías de comunicación. **Distribución de planta y renovación de cafetales.** Este tema surgió a raíz del dilema de cómo plantar los millones de planta actualmente en viveros, argumentándose que la planta debería estar comprometida con beneficiarios potenciales.





Agradecimientos

A la AMECAFÉ como fuente de financiamiento; y a organizaciones de productores que participaron, al grupo técnico de apoyo logístico e investigadores del INIFAP y el CRUO-UACH, que impartieron temas propios de su especialidad con compromiso y actitud colaborativa en la problemática cafetalera del país.

Literatura Citada

- Acosta, L. A. 2005. Guía práctica para la sistematización de proyectos y programas de cooperación técnica. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Tegucigalpa, Honduras. 27p.
- Barquero, M.M. 2013. Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk et Br. Instituto del Café de Costa Rica-CICAFÉ. 3ra. Edición. San José, Costa Rica. 63p.
- Barquero, M. 2017. Cosecha de café 2016-2017 cayó 15% en Costa Rica. www.nacion.com/economia/agro/cosecha-de-cafe-2016-2017-cayo-15-en-costa-rica/ [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Buriticá, C. P. 2010. La Roya del Cafeto en Colombia: Realizaciones de Impacto Nacional e Internacional en el Siglo XX. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 63(1): 5285-5292.
- Bossolasco, M. L. 2010. El foro de discusión: entorno mediado para la mediación cognitiva. Editorial Virtual Argentina. Mendoza, Argentina. [CD-ROM].
- Calivá, E. J. 2009. Manual de capacitación para capacitadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)- Centro de Liderazgo para la Agricultura. San José, Costa Rica. 102 p.
- Castro, M. N., X. Suárez C. y V. Soto E. 2016. El uso del foro virtual para desarrollar el aprendizaje autorregulado de los estudiantes universitarios. Innovación Educativa 16(70):23-42.
- Contreras, H. A. 2010. Los cafetales de Veracruz y su contribución a la sustentabilidad. Estudios Agrarios 45:143-161.





- 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.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2004. Guía metodológica de sistematización. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria PESA en Centroamérica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Tegucigalpa, Honduras. 62p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Metodología PESA México: implementación de estrategias y proyectos para la pequeña agricultura en zonas rurales marginadas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO-SAGARPA. Ciudad de México. 92p.
- Forética, 2009. Diálogo con los grupos de interés: Guía práctica para empresas y stakeholders. www.foretica.org/wp-content/uploads/2016/01/cuaderno_foretica_14_dialogo_grupos_interes.pdf
[Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Freire, P. 1970. Pedagogía del oprimido. Siglo Veintiuno Editores. México, D.F. 245p.
- Gonsalves, J., T. Becker, A. Braun, D. Campilan, H. De Chavez, E. Fajber, M. Kapiriri, J. Rivaca C. y R. Vernooy (eds). 2006. Investigación y Desarrollo Participativo para la Agricultura y el Manejo Sostenible de Recursos Naturales. Centro Internacional de la Papa, Laguna, Filipinas y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá. 2: 2-7.
- Hernández, A. 2015. Plan de control de la roya en el marco de la reactivación de la caficultura de El Salvador. P. 20-25. *In*: FAO. Memorias del Seminario Científico Internacional Manejo agroecológico de la roya del café. 16 al 18 de septiembre de 2014. Ciudad de Panamá.
- Hernández, M. G. y T. Velázquez P. 2016. Análisis integral sobre la roya del café y su control. RINDERESU 1(1): 92-99.
- López, M.R., L.E. García M. y M.C. Castillo G. 2013a. Rentabilidad de fincas de café. p. 423-462. *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/S.E. Teocelo. Libro Técnico Núm. 34. Medellín, Veracruz.





- López, M. R., L. E. García M. y M. C. Castillo G. 2013b. 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. INIFAP- Campo Experimental Cotaxtla/S.E. Teocelo. Libro Técnico Núm. 34. Medellín, Veracruz.
- López, M. R., G. Díaz P., J. G. Salazar G., L. E. García M. y R. A. Guajardo P. 2013c. Árboles nativos en el sombreado de cafetales: caso de la Zona Centro del Estado de Veracruz. INIFAP- Campo Experimental Cotaxtla/S.E. Teocelo. Libro Técnico Núm. 35. Medellín, Veracruz. 184p.
- López, M. R. 2017a. Estrategia para fortalecer centros estatales de innovación e impulsar la productividad y calidad del café mexicano. Informe de proyecto bajo convenio INIFAP-AMECAFÉ. Xalapa, Veracruz. 146p.
- López, M. R. 2017b. Estrategia para fortalecer centros estatales de innovación e impulsar la productividad y calidad del café mexicano: acciones de capacitación y transferencia de tecnología. Informe de proyecto bajo convenio INIFAP-AMECAFÉ. Xalapa, Veracruz. [CD-ROM].
- Orozco, M. E .F. 2015. Roya del cafeto, manejo integrado y perspectivas de la caficultura en Guatemala. P. 26-34 *In*: FAO. Manejo agroecológico de la roya del café: Memorias del Seminario Científico Internacional. 16 al 18 de septiembre de 2014. Ciudad de Panamá.
- Padilla, D. G., R. A. Guajardo P., G. Medina G., I. Sánchez C., J. Soria R., J. M. P. Vázquez A., J. Á. Quijano C. *et al.* 2012. Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. INIFAP- Campo Experimental Cotaxtla. Publicación Especial Núm. 8. Xalapa, Veracruz. 138p.
- SAGARPA. 2016a. Manual para la producción de semilla certificada de café en México. Plan Integral del Café. Grupo Técnico Interdisciplinario de Café. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. 32p.
- SAGARPA 2016b. Guía para la producción de plantas de café de alta calidad genética, fisiológica y fitosanitaria. Plan Integral de Atención al Café. Grupo Técnico Interdisciplinario de Café. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. 37p.





- SENASICA. 2013. Situación epidemiológica de la roya del cafeto en México Berk. & Broome 1869. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Informe No. 1. Ciudad de México. 10 p.
- SENASICA. 2016. Roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome. Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, Servicio Nacional de sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Ficha Técnica No. 40. Ciudad de México. 23 p.
- Toledo, V.M. y P. Moguel. 2012. Coffee and Sustainability: The Multiple Values of Traditional Shaded Coffee. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36 (3) 353-377, DOI: 10.1080/10440046.2011.583719.
- 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/S.E. Teocelo. Libro Técnico Núm. 34. Medellín, Veracruz.





IMPLEMENTACIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN COMUNIDADES DE ALTA MARGINACIÓN, COMO PROCESO DE MEJORA PARA GENERAR INGRESOS

Eileen Salinas Cruz^{316*}, Jesús Martínez Sánchez³¹⁶, Mariano Morales Guerra³¹⁶, Romualdo Vásquez Ortiz³¹⁶, David H. Noriega Cantú³¹⁶ y José Rafael Contreras Hinojosa³¹⁶

Resumen

El presente trabajo presenta una alternativa para que los productores no solo conozcan diferentes tecnologías, sino que también puedan apropiarse de ellas a través de las escuelas de campo. El ofrecer alternativas para los procesos de producción puede ayudar a la mejora de los niveles de producción. Con ello, es posible lograr una sustentabilidad alimentaria en los hogares, es decir, que la producción se incremente para que la ingesta de alimentos se prolongue entre los ciclos de producción, al tiempo que se logra un ahorro al no tener que comprar los alimentos producidos por ellos mismos logran producir durante un determinado tiempo. Por otra parte, con la implementación de innovaciones se fomenta la realización de planes de negocios que permitan a los productores vincularse con el mercado y ser competitivos. Este documento describe la elaboración de un plan de negocios para tostadas naturales elaboradas de forma artesanal por señoras de la comunidad en San José del Carmen, una comunidad del municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Palabra clave: comercio, mayoristas, mercado, innovación, pobreza

Introducción

Algunas corrientes económicas sostienen que la agricultura empresarial o agroindustrial es la única capaz de responder a las exigencias de competitividad y calidad propias de un mundo globalizado (Santacoloma-Varón, 2015). Por tanto, las economías campesinas no tendrían la

³¹⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. salinas.eileen@inifap.gob.mx





posibilidad de acceder a un mercado al no ser competitivas. La distribución social y territorial de la pobreza muestra un patrón que tiende a reforzar las condiciones de desigualdad, observándose brechas profundas entre las entidades más urbanizadas e industrializadas del país, y las que cuentan con una población en su mayoría rural y dedicada a las actividades primarias (Ordoñez-Barba, 2018).

Los productores pueden encontrar dificultades para ingresar a los mercados como consecuencia de la falta de recursos financieros, de oportunidades, de conocimientos especializados y de capacidades (CSA, 2015), por ello es necesario generar alternativas de producción para que tengan o puedan ganar acceso al mercado, ya sea a través de productos nuevos o productos que tradicionalmente producen con los recursos con los que cuentan. De acuerdo con Arroyo-Mina y Ruiz-Cardona (2017) el ingreso es la variable determinante de la pobreza; por ello, la implementación de innovaciones y la detección de posibles negocios con los recursos disponibles son alternativas para ayudar a superar la pobreza. El propósito de este escrito es coadyuvar a la sustentabilidad alimentaria mediante la introducción de los productores a un mercado competitivo; que a mediano plazo les permita generar ingresos que contribuyan a mejorar su vida.

Materiales y métodos

El municipio de San Cristóbal de las Casas, Chiapas; con una superficie de 394 km², cuenta con 158,027 habitantes de los cuales el 63% es de sexo masculino. La cabecera municipal se ubica a 92° 38' 18" de longitud oeste y 16° 44' 12" de latitud norte. Las lenguas indígenas predominantes son el Tzotzil con 43, 302 hablantes, el Tzeltal con 15,440 y el Chol con 571 hablantes. Hay 74,452 habitantes que constituyen la población económicamente activa. Los principales empleos son: empleado u obrero, en los cuales se ocupa el 58% de la PEA. San Cristóbal de las Casas se clasifica con un grado de marginación media, con un 13.18% de analfabetas y un índice de desarrollo humano de 0.76, que lo ubica en un grado medio.

La localidad de San José del Carmen se localiza en el municipio de San Cristóbal de las Casas, con un total de 105 habitantes de los cuales 54 son mujeres; el grado de marginación es muy alto y el rezago social alto; el 93.75% de la población no tiene la primaria completa.





Poseen energía eléctrica solo en algunas viviendas, y agua solo en jagüeyes o como producto de la captación de agua de lluvia. El 93% de las viviendas tiene piso de tierra (CONAPO, 2011).

Para realizar el presente trabajo se estableció el proceso siguiente de acuerdo con la Figura 1:

- 1) La selección del área de trabajo se estableció con criterios como: ser zonas de alta o muy alta marginación, localidades que estén incluidas en la Programa de Cruzada Nacional contra el Hambre y en la clasificación de la pobreza extrema, además que deberían contar con seguridad de acceso y circulación, y que la población tuviera deseos de participar conjuntamente con organizaciones locales para establecer alianzas de trabajo



Figura 1. Proceso metodológico.

- 2) Para establecer el proyecto en la localidad, se realizaron reuniones con los productores de la localidad seleccionada para dar a conocer los principales objetivos y propósitos. Posteriormente, se dio el acercamiento con los colaboradores y aliados del proyecto para sumar esfuerzos y trabajar conjuntamente en la localidad.
- 3) Se elaboró una encuesta línea- base con la finalidad de realizar un diagnóstico para conocer el estado actual en aspectos sociales y económicos de los pobladores de la





localidad seleccionada. Los datos se recabó a través de células de encuesta, para establecer una base de datos en donde por medio del programa SPSS, se obtuvieron estadísticas básicas para realizar un análisis ex ante de la implementación de las innovaciones.

- 4) La estrategia a seguir para el establecimiento de las innovaciones fue a través de la metodología escuelas de campo, la cual se basa en tres etapas:
 - a) **Teoría:** Se inicia con una explicación del tema de ese día.
 - b) **Práctica:** Se inicia con una muestra a cargo del instructor, con una explicación detallada. La siguiente fase es la práctica a cargo de uno o más de los promotores.
 - c) **Reflexión y acuerdo:** Conclusión de lo visto en la práctica y se reafirma la parte teórica, se señala en qué fecha aplicará lo aprendido.
- 5) Para detectar actividades que generen ingresos, con la información obtenida con la línea base y la metodología escuelas de campo, se estableció un FODA con productores de la localidad con la finalidad de detectar las posibles actividades generadoras de ingresos. Una vez establecidas las actividades productivas potenciales, se realizó un análisis de costos, ingreso y ganancias, para identificar la importancia de cada una de ellas para la población.
- 6) Se generó un plan de negocios conjuntamente con los productores interesados para potenciar el negocio que los ayudará a incrementar o mejorar sus ingresos.

Resultados y discusión

A través de la implementación del uso de la metodología de escuelas de campo, se establecieron innovaciones tecnológicas para productores de San José del Carmen, con el objetivo de realizar mejoras en los procesos de producción, principalmente en milpa y hortalizas. Por otra parte, existe la implementación de un plan de negocios para que los productores puedan obtener un ingreso más estable y hacerse competitivos en el mercado. Para diseñar los planes de negocios se realizó un estudio de factibilidad de las diferentes actividades que se desarrollan en la localidad, para determinar si existía un potencial para





negocios. De las diferentes actividades productivas que existen en San José del Carmen, los mayores costos los genera la producción de maíz y frijol, seguido de las tostadas. Para el caso de la albañilería, no se considera un costo porque el traslado lo realizan caminando de la comunidad al lugar de trabajo (Figura 2).

Para la producción de maíz, los costos fueron de \$4,717.28 y el ingreso de \$3,917.86; para el frijol, el costo para producir una hectárea fue de \$1,915.20 y el ingreso por ventas de \$4,164.29, mientras que, para la producción de hortalizas, el costo fue de \$584.58 y el ingreso de \$83; para las aves, se generaron costos de \$348.76 e ingresos por \$1,000 por ciclo de producción. Para la producción de tostadas, el costo se calculó por semana y fue de \$370 con un ingreso de \$3,000 y una producción de 300 bolsas de tostadas; en la albañilería, el costo es de cero pesos y por las seis jornadas semanales se tuvo un ingreso de \$1,200.

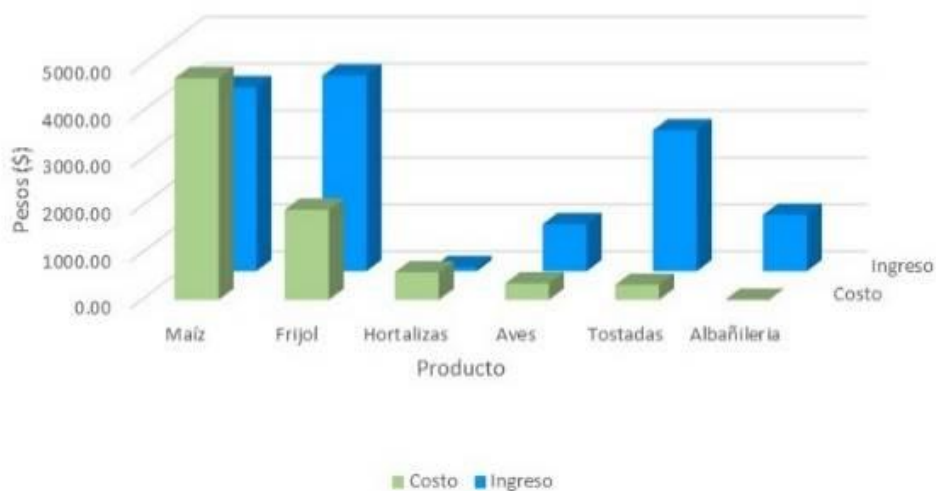


Figura 2. Análisis de costos e ingresos de los diferentes productos.

Con respecto a las utilidades o pérdidas de los diferentes productos generados en la comunidad, para el caso de maíz y hortalizas hubo una pérdida de \$799 y \$501, respectivamente; en el caso de frijol y aves existió una ganancia de \$2249 y \$65,1 respectivamente, por lo que son ser productos con potencial para generar un ingreso para la familia, pero que no cubren cabalmente los gastos para la compra de consumibles dentro de la familia (Figura 3).



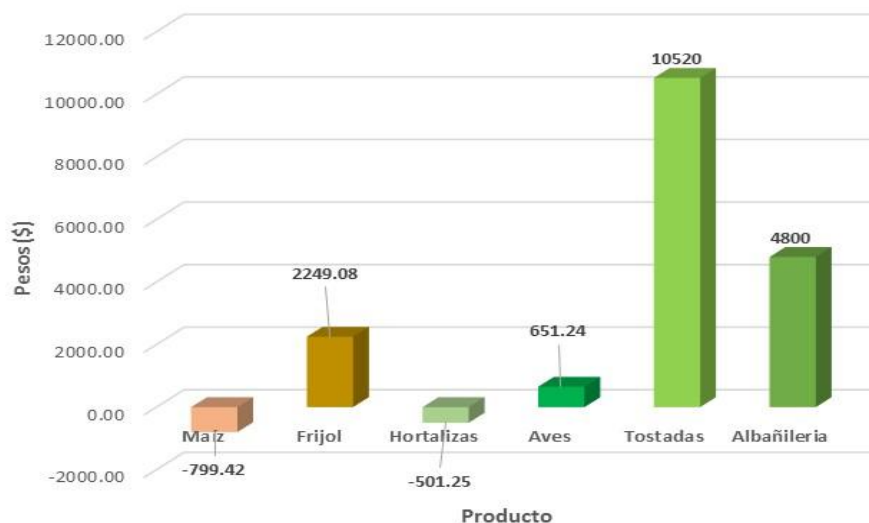


Figura 3. Ganancias totales por producto.

Para las tostadas y la albañilería, la utilidad se calculó en forma anual y tuvo una ganancia de \$126,240 asumiendo una producción de tostadas constante de 300 bolsas por semana; para el caso de la albañilería, se tuvo un ingreso anual de \$57,600 asumiendo seis jornadas de trabajo a la semana. Estas actividades pueden ser redituables para las familias de la comunidad de San José del Carmen, municipio de San Cristóbal de las Casas. De acuerdo al análisis anterior, se puede establecer que existe potencial de negocios en tostadas, siempre y cuando se realice una búsqueda de mercado adecuada, para que las productoras puedan asegurar la venta.

Antecedentes

En México existen varios tipos de tostadas y muchas empresas dedicadas a la elaboración de estas. Se pueden encontrar tostadas fritas u horneadas con diferentes sabores o colores. Se comercializa tostadas de maíz botanera con ajonjolí, tostadas de maíz horneadas, tradicionales, totopos, tostadas plana, naturales amarillas, rojas o con ajonjolí, tipo casera, jalapeño, chipotle, para nachos, tiras, además de las tostadas con maíz orgánico o tipo gourmet. Varios de estos productos se distribuyen tanto en el mercado nacional como en el extranjero, principalmente en Estados Unidos y Canadá.

En el municipio de Teopisca, Chiapas históricamente se producen tostadas, las cuales se comercializan en las regiones Tulijá Tzeltal Chol y la Comiteca; este tipo de tostadas se





compran principalmente para freírse como tostadas preparadas o “chalupitas”, o bien como entremés en algún restaurant; se expenden en bolsas de plástico con 25 a 100 tostadas por empaque y sin etiqueta.

Las principales fábricas que elaboran tostadas se localizan en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Estas marcas cuentan con nombre propio, envoltura etiquetada con las características según la norma oficial; y su distribución se da en la mayoría de los municipios del Estado de Chiapas.

Las marcas con registro y nombre de las tostadas son: Tostadas “La Trigueña”, esta empresa es la que posee el mayor mercado cautivo en la región; Tostadas “La Suprema”, ubicada también en el municipio de Tuxtla Gutiérrez; Tostadas “Tosti Sol”, industria ubicada en el municipio de Comitán de Domínguez cuyo producto principal son las tostadas tradicionales (fritas y redondas) con una presentación de 140 gr. Una de las marcas con mayor presencia en el municipio de San Cristóbal es “Tostitadas”, principal distribuidora de tostadas, totopos fritos y horneadas en la zona de Los Altos de Chiapas.

En la comunidad de San José del Carmen, municipio de San Cristóbal de las Casas, en la actualidad se elaboran tostadas cuyo conocimiento para su elaboración es toda una tradición que se transmite de madres a hijas. En esta comunidad, cerca de 22 mujeres elaboran tostadas horneadas, con o sin sal, las cuales empaquetan en bolsas de plástico con capacidad para veinte o quince tostadas. El principal punto de venta en la actualidad es el mercado J.C. Tielemans los miércoles, viernes y sábados en donde la mayoría de las productoras llevan su producto a la venta en forma directa al consumidor final.

Estudio de mercado

Mayoristas y minoristas

De acuerdo al estudio de mercado realizado en San Cristóbal, las tostadas provienen principalmente del municipio de Teopisca, Chiapas y se comercializan en restaurantes y cocinas económicas locales. Según los vendedores, este producto tiene una vida de anaquel de hasta cinco años sin presentar descomposición o deterioro en sus características. Estas tostadas se elaboran con maíz amarillo o blanco; se pueden freír y servir como entradas o antojitos mexicanos (tostadas preparadas o chalupitas). Se empacan en bolsas de plástico





simple, sin etiqueta, en cantidades de 25, 50 o 100 tostadas. Los precios de las bolsas van desde los \$9.00 hasta \$40.0, según la cantidad de tostadas incluidas en cada bolsa.

Las preferencias por los tipos de tostadas están en función de su precio, su sabor y su conveniencia, es decir, que puedan ser horneadas o fritas. Para este tipo de clientes, los aspectos que deben cubrir las tostadas es que sean naturales, crujientes, delgadas y crocantes, y que el producto no esté caducado. Un factor potencial para desarrollo futuro y para establecer un nuevo nicho de mercado es el ofrecer tostadas de maíz amarillo o blanco, horneadas o precocidas. Las tostadas de diferentes sabores o colores se presentan como una buena opción.

Clientes finales

En relación a la frecuencia de consumo, un 28.8% de los entrevistados mencionaron que consumen tostadas una o dos veces a la semana; el 13.5% las come diariamente. En cuanto al sabor, el 48.1% prefiere tostadas con sabor natural, es decir que sepan a maíz y no a harinas de maíz o a otros ingredientes utilizados para la preparación de estas. Otros consumidores prefieren tostadas con poca sal o en forma natural sin aditamentos o ingredientes extras (Figura 4).

Entre los clientes finales, la preferencia es por consumir tostadas horneadas o fritas, y no precocidas como es el caso de los restaurantes o cocinas económicas. El cliente final prefiere ya tenerlas listas para comerlas. Otro factor importante es que las tostadas no deben tener una consistencia blanda, ya que ello resulta poco agradable al paladar, sino que deben ser crocantes o crujientes. Por ello siempre buscan que la tostada sea a la vez suave y fresca, pero también crocante o crujiente.



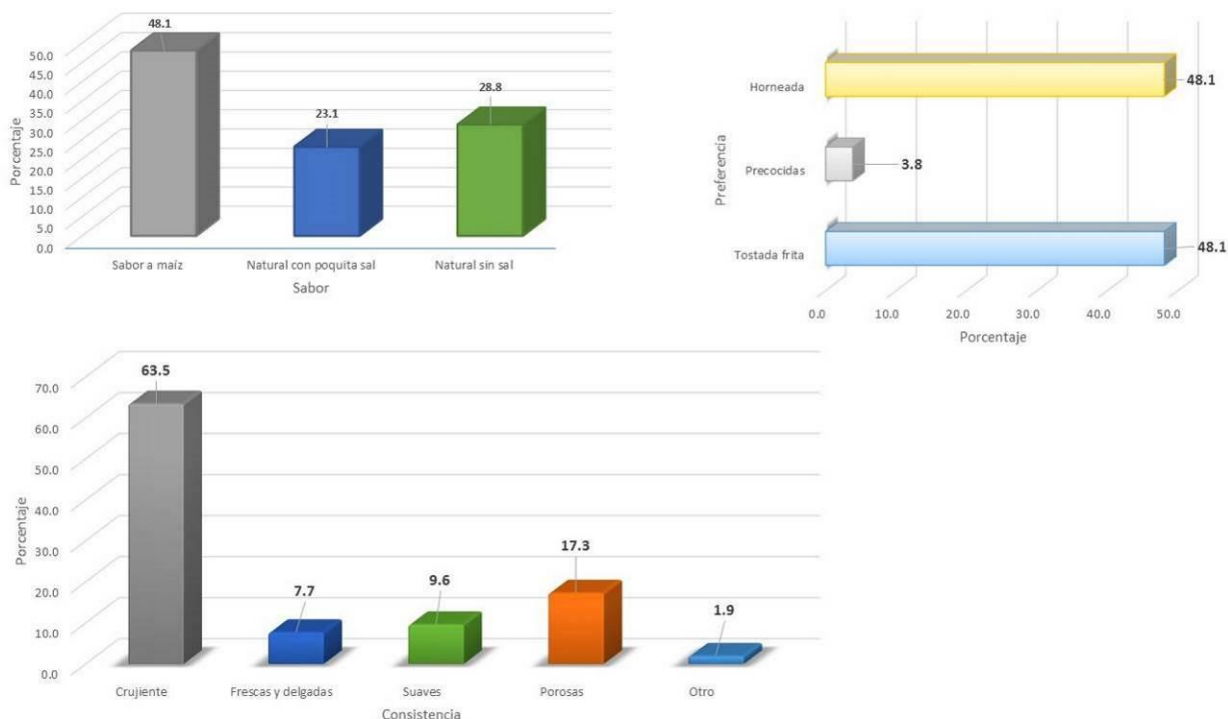


Figura 4. Preferencias de consumo

Las bolsas entre 130 y 140 g de tostada o botanera se venden en \$8.00 a \$10.00, o bien en bolsas de 20 a 100 tostadas según la preferencia del consumidor y la ocasión en la que se compre para el consumo, como días festivos, festejos de cumpleaños, reuniones u otros.

El principal lugar de compra es el mercado local y algunas tiendas de autoservicio del municipio. Debido a su variedad, los productos de mayor demanda son los elaborados por una empresa local que cuentan con variedades de tostadas fritas, horneadas y botanas, fritas y horneadas, entre otros productos, además de los productos empacados en bolsas sencillas, sin etiqueta y sin gramaje. Los consumidores finales prefieren el producto local porque dicen conocer su origen de fabricación y la calidad del mismo.

Los consumidores destacan las características de empaque o del producto que consumirán. Se prefieren los productos con etiqueta que contienen una descripción nutricional, peso y fecha de caducidad; además se eligen las tostadas crujientes y embolsadas de forma adecuada. Otro punto importante es que deben de ser sabores naturales (a maíz) preferentemente sin sal.





Según los resultados del estudio de mercado, para que las productoras de tostadas de San José del Carmen mantengan el mercado actual y además puedan introducir su producto a nuevos mercados, es necesario establecer nuevas estrategias desde la producción hasta que el producto llegue al consumidor final. Actualmente las ventas se realizan directamente a clientes finales en los mercados Castillo Tielsman, Mercaltos y Merposur. El producto se vende en bolsas de dos kilos con 20 piezas, sin etiqueta que especifique las características del producto ni la fecha de caducidad. Las ventas se realizan tres veces por semana, y en temporada alta se venden entre 30 y 40 bolsas al día, para un total de 90 a 120 bolsas a la semana que reditúan entre \$900.00 y \$1,200.00; sin embargo, en temporada baja con presencia de lluvias, las ventas se reducen hasta en un 50% del total. El potencial de producción y ventas es de 300 bolsas de tostadas a la semana que se podrían colocar con los distribuidores o mayoristas y los clientes finales.

Conclusiones

1. La inserción de innovaciones tecnológicas para reorientar los procesos de producción con la finalidad de mejorar o incrementar sus niveles de producción ayuda a dar sustentabilidad a las familias participantes. Esto se logra a través de aprender-haciendo ya que el productor a la larga hace propias las innovaciones y las aplica en sus sistemas de producción. Para la mejora en sus ingresos es necesario identificar un producto con potencial para introducirse en el mercado, es importante incentivar a los productores para generar un negocio rentable que les permita mejorar sus ingresos.

Literatura Citada

Arroyo, M. J.S. y D. F. Ruiz C. 2017. Pobreza subjetiva y reconocimiento étnico en Colombia: análisis para principales regiones, año 2013. *Economía, Sociedad y Territorio*. 18(53): 87-113.





- CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2011. Chiapas: Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2010-2030. Consejo Nacional de Población. México. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Proyecciones/Datos/Proyecciones_municipios_y_localidades/Localidades/Chiapas_loc.xlsx [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- CSA (Comité de Seguridad Alimentaria Mundial). 2015. Foro de Alto Nivel del CSA sobre la Vinculación de los pequeños productores con los mercados. Documentos de Antecedentes. FAO. 8 p. <http://www.fao.org/3/a-bq853s.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Ordoñez, B. G. 2018. Discriminación, pobreza y vulnerabilidad: los entresijos de la desigualdad social en México. *Región y Sociedad*. 30(71): 1-30.
- Santacoloma, V. L. E. 2015. Importancia de la economía campesina en los contextos contemporáneos. Una mirada al caso colombiano. *Revista Entramado*. 11(2): 38-50. <http://dx.doi.org/10.1804/entramado.2015v11n2.222.10>





ANÁLISIS CRÍTICO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN LA OPERACIÓN DE HUERTOS ESCOLARES

María Herlinda López Armas^{317*} y María del Carmen Álvarez Ávila³¹⁷

Resumen

Las políticas públicas no siempre responden a las necesidades de las personas a quienes están supuestamente dirigidas. Una buena definición y ejecución de las políticas fortalece la democracia, mejora la gobernabilidad y propicia el bienestar de las mayorías. Es quehacer del gobierno el diseño, gestión y evaluación de las políticas públicas. En la actualidad, los huertos escolares incluyen entre sus funciones: la promoción de una buena alimentación, la mejora de las técnicas de subsistencia y la sensibilización sobre el medio ambiente; por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis crítico de las políticas públicas en la operación de los huertos escolares. Se realizó una revisión documental en libros, revistas, artículos científicos a través de buscadores académicos de las concepciones: política pública internacional y nacional, huerto escolar, parcela escolar, marco legal que da origen a las políticas públicas, al igual que las leyes reglamentarias aplicables de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Palabras clave: educación, nutrición, alimentación nutritiva, salud

Introducción

Las políticas públicas tienen orígenes muy diversos y obedecen a la interacción de factores locales, nacionales e internacionales. Estas son consideradas acciones de gobierno con objetivos de interés público que surgen de decisiones sustentadas en un proceso de diagnóstico y un análisis de factibilidad, para la atención efectiva de problemas públicos

³¹⁷ Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. lopez.herlinda@colpos.mx malvareza@colpos.mx





específicos, en donde participa la ciudadanía en la definición de problemas y soluciones (Corzo, 2013). Sin embargo, la implementación de algunas políticas sociales no ha dado respuesta satisfactoria a las demandas de la humanidad; un ejemplo son las políticas públicas alimentarias que se dirigen a alcanzar la seguridad alimentaria en la población, y hasta el momento sus objetivos no se han cumplido para al menos mil millones de personas en el planeta, siendo cada vez más intensos a escala mundial los problemas de hambre, inequidad en la distribución del ingreso, tierra, agua, semillas y otros recursos, además de la degradación ecológica.

Durante la primera década del siglo XXI la salud y la alimentación de los estudiantes han ganado visibilidad en el debate público. En diversos estudios locales e internacionales se han hecho observaciones acerca de los preocupantes niveles de indicadores de sobrepeso, obesidad y las enfermedades con ellos asociadas –como la diabetes– en niños, jóvenes y adultos (WHO, 2008). En la República Mexicana existen elevadas condiciones de inseguridad alimentaria, lo cual implica severos efectos para la salud de las personas, particularmente las niñas y los niños, quienes enfrentan un fenómeno doble: la anemia y la desnutrición, por un lado, y por el otro la obesidad y el sobrepeso (ENSANUT, 2012).

Para que los niños en etapa escolar consuman alimentos nutritivos necesarios y puedan estudiar, estar protegidos de enfermedades, disponer de energía suficiente para todo el día y lograr un crecimiento y desarrollo adecuado, se deben establecer programas nacionales agrícolas de nutrición y educación respaldados por políticas, normativas e instituciones de cada país, los huertos escolares pueden ser una herramienta útil para mejorar la calidad de la nutrición, la formación de la población infantil y sus familias en zonas rurales y urbanas de países en vías de desarrollo (FAO, 2005).

La presencia de estos problemas a escala mundial determinó que en 2014 la FAO y la OMS organizaran la Segunda Conferencia Internacional sobre Nutrición en conjunto con los ministerios y responsables nacionales de las políticas del sector agrícola y sanitario, con organismos de las Naciones Unidas, organizaciones intergubernamentales, la sociedad civil, e incluso organizaciones no gubernamentales e investigadores, con objeto de motivar, movilizar y comprometerse con las prioridades en materia de políticas para que los sistemas alimentarios y sanitarios nacionales e internacionales, los sistemas conexos y las reformas pertinentes permitieran mejorar los resultados nutricionales. El objetivo de la presente





investigación es realizar un análisis crítico sobre las políticas públicas que se han implementado en los huertos escolares en México (FAO/OMS, 2014).

Materiales y métodos

En la presente investigación, se realizó una revisión documental a través de libros, revistas y artículos científicos de las concepciones: políticas públicas, huerto escolar, parcela escolar, marco legal que da origen a las políticas públicas, al igual que las leyes reglamentarias con base en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La información fue obtenida a través de la utilización de buscadores académicos: Scielo, JSTOR, redalyc, HighBeam y Google Académico, a nivel nacional e internacional. Estos datos se concentraron en una matriz creada en Microsoft Excel donde se llevó a cabo la selección de los artículos de acuerdo al tema de investigación.

Resultados y discusión

Desde 1917, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce el derecho a la alimentación, al señalar en su artículo cuarto que: “toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, lo cual será garantizado por el Estado, al igual que el derecho a la protección de la salud y el derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente”. En este mismo artículo se hace mención que los niños y niñas tienen derecho a la satisfacción de sus necesidades de alimentación, salud, educación, y sano esparcimiento para su desarrollo integral. Por otra parte, en su artículo segundo se hace garante a la Federación, los Estados y Municipios de apoyar la nutrición de los indígenas y las familias migrantes mediante programas de alimentación, en especial con la población infantil (SAN, 2018).

Por varias décadas el Estado mexicano procuró mantener su hegemonía y legitimidad instrumentando de forma moderada políticas *redistributivas*, entre las cuales se encontraron diversos proyectos de reforma agraria. Sin embargo, las medidas que se tomaron nunca





fueron suficientes ni tuvieron un impacto significativo en el desarrollo de las zonas rurales en extrema pobreza. Además, crearon dificultades entre el Estado y los grupos de poder locales, por lo cual, el primero optó por generar mecanismos *distributivos* (como diversos tipos de subsidios) para mejorar el bienestar social, contener la demanda por aumentos al salario mínimo, mantener su legitimidad y evitar confrontaciones con grupos de poder (Fox, 1992).

Las políticas públicas alimentarias se presentan en dos tipos: *distributivas*, las cuales se destinan a prestar bienes o servicios públicos a los ciudadanos, tales como salud, educación y seguridad, y las *redistributivas*, que son las que recaudan impuestos y las redistribuyen a personas con pobreza o vulnerabilidad. Por ello, los programas sociales se consideran parte de las políticas *redistributivas* (Lowi, 1964). Por su parte, Parodi (2003) clasifica este tipo de política como *Política Social*, ya que se destina principalmente a aliviar la pobreza y/o las necesidades básicas de los ciudadanos.

Históricamente, la nutrición humana ha sido justificadamente una de las más importantes preocupaciones que se presentan a los gobiernos de todo el mundo, así como a las organizaciones médicas y de salud pública, por las graves implicaciones biológicas y sociales de una alimentación insuficiente. El Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) define las políticas de alimentación y nutrición como “aquellas que tienen por objetivo el garantizar que la población pueda tener acceso a los alimentos y que le permitan satisfacer sus necesidades cumpliendo con los requerimientos nutritivos para una vida saludable” (Huesca *et al.*, 2016).

En un análisis sobre la vulnerabilidad agroalimentaria y política económica en México, Chávez y Macías (2007), consideran que la “producción y disponibilidad de los alimentos” son interdependientes y están condicionados por factores ambientales, de ahí que deban ser explícitamente tomados en cuenta. Una de las prioridades a nivel nacional e internacional es el derecho a la alimentación, sin embargo, ni el hambre ni la mal nutrición se han logrado erradicar. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 reporta que el estado de inseguridad alimentaria en México existe en siete de cada 10 hogares presentando algún grado de inseguridad alimentaria (IA): 41.6% leve, 17.7% moderada y 10.5% severa (ENSANUT 2012). Además, alrededor de 8´322,486 hogares con IA moderada y severa (28.3%), disminuyeron la cantidad de alimentos consumidos o experimentaron hambre (Shamah *et al.*, 2014).





Ávila *et al.* (2011) consideraran que para alcanzar la seguridad alimentaria y nutricional se requiere involucrar a diversos actores del sector público y privado. En el ámbito internacional México-ONU mantienen una estrecha colaboración desde la creación de esta organización, que ha sido reforzada con la entrada en vigor de la Carta de las Naciones Unidas, y del llamado “Pacto de las Naciones Unidas” (ONU, 2015a). Los organismos vinculados con ONU-México son: la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) con el programa Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del Banco Mundial (BM) el Fondo Monetario Internacional (FMI). También se tiene el acuerdo de colaboración entre México y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que tiene como objetivo promover políticas que favorezcan el bienestar económico y social de todas las personas del mundo, para este propósito provee una plataforma donde los países intercambian experiencias y respuestas a problemas comunes, identificar y sugerir buenas prácticas y coordinar políticas nacionales e internacionales (OCDE, 2016). A su vez, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe realiza diagnósticos y análisis de las políticas sociales implementadas por los gobiernos, para difundir experiencias exitosas y contribuir a los procesos en la toma de decisiones para el fortalecimiento y diseño de programas y políticas sociales, dentro estas experiencias están contemplados los huertos escolares (CEPAL, 2018).

Las circunstancias históricas, políticas, sociales y culturales confluyen en los retos y posibilidades para el nivel de desarrollo actual. En el caso de México, la planeación del desarrollo se encuadra por el contexto internacional que se vive y por la historia y evolución reciente de su economía (Presidencia de la República. 1983).

La Figura 1 muestra la relación entre las políticas públicas nacionales e internacionales y el agroecosistema huerto escolar.





Figura 1. Relación de entre las políticas públicas nacionales e internacionales y el agroecosistema huerto escolar.
Fuente: Elaboración propia.

Para atender los problemas de salud y alimentación de los estudiantes en México, los secretarios de educación y salud emitieron un acuerdo mediante el cual se establecieron lineamientos generales para el expendio y distribución de alimentos y bebidas preparados/procesados en las escuelas del Sistema Educativo Nacional. De manera específica, el Capítulo segundo, artículo 19, apartado VI señala:

- I. Impulsar, de acuerdo a la región, la oferta de alternativas para mejorar la alimentación de niñas, niños y adolescentes a través de la planeación de desayunos y refrigerios, el cultivo de huertas o parcelas escolares, la conservación doméstica de alimentos, entre otros (SEP-SSA 2014).

La ONU (2005) señala que los huertos escolares pueden ser una poderosa herramienta para mejorar la calidad de la nutrición y la formación de los niños y sus familias en las zonas rurales y urbanas de los países en desarrollo, siempre que se encuentren integrados en los programas nacionales agrícolas, de nutrición y educación. Esta iniciativa sobre educación de la población rural es dirigida por la FAO, en colaboración con la UNESCO y contempla la puesta en marcha de huertos escolares desde la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo





Sostenible en 2002, por lo que el huerto escolar se encuentra fundamentado legalmente a nivel internacional como una estrategia educativa para luchar contra el hambre y los malos hábitos de alimentación. Los gobiernos y asociados internacionales prestan cada vez mayor atención a estos, puesto que tradicionalmente se han utilizado con fines de educación científica, capacitación agrícola o sistema de generación de ingresos para las escuelas (como la parcela escolar). En la actualidad, los huertos familiares pueden convertirse en un punto de partida para la salud y la seguridad de un país; esta idea se fundamenta cada vez más en la experiencia y la investigación (FAO, 2010).

En México la política educativa, históricamente ha sido objeto de discusión ya que ha tenido constantes cambios sociales, políticos y económicos. Durante el sexenio del general Lázaro Cárdenas (1934 - 1940), se modificó el artículo 3º constitucional para dar lugar a la educación socialista y obligar por primera vez a las escuelas privadas a seguir los programas oficiales. Esta nueva orientación impulsó la educación en todos los niveles, con lo que respecta a la educación primaria, se crearon internados comunales, comedores y becas; las escuelas se vincularon con los centros de producción, alentando a la educación técnica y creando las escuelas regionales campesinas para formar maestros rurales (Montes de Oca, 2007). Durante esta época se hablaba de una nueva escuela socialista con maestros rurales, que no eran profesores de carrera sino empíricos, su enseñanza incluía desde la alfabetización y la castellanización de niños y adultos hasta la enseñanza de modernas formas de organizaciones productivas-cooperativas, pasando por el aprendizaje de nuevas técnicas de trabajo agrícola que permitieran a los campesinos y a sus hijos organizarse mejor y optimizar sus actividades productivas. En el campo se enseñaría a los niños a cultivar colectivamente la parcela escolar, atender a los animales en los corrales lo mismo que a las plantas y los árboles de los huertos construidos como anexos escolares y, lo más importante, se les enseñaría a asumir una responsabilidad conjunta como parte de un grupo en que los intereses individuales quedarían subordinados a los intereses colectivos; tanto en el campo como en la ciudad, el grupo, no el individuo, tomaría las decisiones y marcaría el rumbo de las actividades escolares (Dietz, 1999).

La parcela escolar es la superficie asignada por la asamblea a la escuela del poblado, destinada a la divulgación, investigación, enseñanza y prácticas agrícolas, que permitan un uso eficiente y racional de los bienes del ejido o comunidad y goza de la misma protección





que las tierras del asentamiento humano, con las características de inalienable, imprescriptible e inembargable. El reglamento interno o estatuto comunal establecerá la normatividad para el funcionamiento de la parcela escolar (Procuraduría Agraria, 2009).

El Código Agrario de los Estados Unidos Mexicanos de 1940 estableció en su artículo 145 la figura de la “parcela escolar” con la finalidad de que los miembros del núcleo de población tuvieran la oportunidad de un desarrollo equilibrado entre el campo y la educación. No fue sino hasta 1944 cuando el Ejecutivo Federal en uso de sus facultades reglamentarias, expidió el Reglamento de la “Parcela Escolar” que postuló tanto su concepción, operación y sus fines; asimismo, el artículo 4° señaló que la escuela asignada es la titular de los derechos ejidales que la amparan. Jurídicamente, la Ley Agraria establece en el artículo 70 la existencia de la parcela escolar, desde en quién o quiénes cae la responsabilidad de su uso, las características de las tierras (tienen que ser las mejores del ejido y cercanas a las escuelas para cumplir con su función educativa). Además, señala que el 80% del usufructo de la tierra es para el mantenimiento de las escuelas, la compra de mobiliario y todas las demás necesidades materiales requeridas, incluso y para el conocimiento de los reformistas, el 20% restante se entregará al director y a los maestros como apoyo a su relevante tarea que desempeñan. Como objetivo la parcela escolar, deberá ser el campo experimental de los alumnos o, en su defecto, el ejido y quienes la administren podrán optar por el mejor beneficio que dejé ésta a la escuela, incluso permutar por otras tierras mejores, pero nunca traspasarse o venderse (Presidencia de la República. 1992).

Actualmente, la parcela escolar representa un pasado reciente lleno de contradicciones, no ha desaparecido legalmente y se posee escasa información; sin embargo, con el paso del tiempo, las ciudades se ampliaron y las escuelas y las comunidades rurales fueron abarcadas por la mancha urbana, desapareciendo con ello, poco a poco, los ejidos y con éstos la parcela escolar. El destino de la mayoría de éstas solo los ejidatarios, los directores de las escuelas y las autoridades educativas lo saben. Otro problema que existe es la regulación de la parcela escolar, ya que han renunciado a ello, en parte por desconocimiento o por comodidad, y en algunos casos porque no son parte de los beneficios del reparto de utilidades, siendo los líderes ejidales junto con ejidatarios, directores de escuelas y autoridades educativas quienes han comercializado la parcela escolar al mejor postor.





Como resultado de un convenio firmado entre SAGARPA y la FAO, el PESA México inició operaciones en 2003. A diferencia de otros países, el PESA México no se implementó para combatir la hambruna rural, sino que fue adaptado para combatir la pobreza, la mala nutrición y las deficiencias alimentarias. En 2011, la Secretaría de Educación Pública (SEP) de Hidalgo, la Unidad Técnica Nacional del PESA-FAO y las Agencias de Desarrollo Rural (ADR) de Hidalgo, iniciaron la implementación de huertos escolares y educación nutricional en el Estado de Hidalgo como una experiencia piloto del PESA a nivel nacional, abarcando inicialmente 54 localidades de 19 municipios. A la existen fecha 165 huertos escolares en el mismo número de comunidades, en 38 municipios con acompañamiento técnico de 26 ADR bajo el binomio nutriólogo-agrónomo para garantizar su operación y brindar capacitación tanto técnica como educativa a sus encargados (FAO, 2014). Para que los programas de huertos escolares sean más sustentables, se funda en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas en 2009 la “Red Internacional de Huertos Escolares”, con el objetivo de facilitar el intercambio de conocimientos, experiencias y materiales didácticos entre personas que impulsan el aprendizaje vivencial por medio de la producción de alimentos en el contexto de la comunidad escolar.

En un estudio de diseño y evaluación en un programa educativo de “huertos ecológicos” para el desarrollo de la inteligencia naturalista realizado con alumnos de escuelas de Tenosique, Tabasco se concluyó que los huertos escolares son una herramienta pedagógica idónea para desarrollar la inteligencia natural, misma que se desarrolla cada vez menos como resultado de la globalización y el incremento de la población, de los medios electrónicos y de comunicación, entre otros factores (González *et al.*, 2011). La Asociación Civil Conciencia e Investigación para la Salud (2018) generó un programa de salud nutricional y sustentabilidad alimentaria que integra soluciones viables, necesarias y de fácil replica a la problemática nutricional de las poblaciones infantiles en el país (en los estados de Durango, Guanajuato, Morelos, Chiapas, Campeche y México D.F.), lo que genera la integración de padres de familia y maestros al modelo mediante la adaptación y asimilación de procesos sustentables y convenientes al interior de las comunidades atendidas.

En la actualidad existen instituciones que han implementado los huertos escolares con el objetivo de generar la producción de alimentos nutritivos para el autoconsumo y en su caso,





la comercialización de los excedentes. En el Cuadro 1 se observan la relación entre las instituciones, el objetivo, el año que iniciaron y el lugar donde operan.

Cuadro 1. Instituciones que han implementado huertos escolares en México.

Instituciones	Objetivo	Año	Lugar
CONAFE y SAGARPA	Establecer huertos escolares de autoconsumo en comunidades rurales	2013	Centros de Educación CONAFE
SAGARPA y Fundación EDUCA en coordinación con Damas de Tetelpan, A.C., Fundación Dr. José María Álvarez, I.A.P., Fundación Clara Moreno y Miramón, I.A.P.	Promoción y establecimiento de huertos escolares en escuelas pertenecientes a la RED de la Fundación EDUCA	2014	México
SAGARPA "Mi Escuela Produce"	Educación sobre el cultivo de granos y hortalizas con técnicas de agricultura protegida que fomentan acciones para mejorar el medio ambiente y su cuidado	2017	Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Sinaloa, Tlaxcala y Yucatán
SAGARPA	Huerto escuela (más grande del país) instalado a través del Programa Desarrollo Comercial a la Agricultura Familiar (DCAF)	2017	Montemorelos, Nuevo León
DIF NACIONAL	Huertos escolares como parte de los programas de desayunos escolares calientes y fríos	2018	Guerrero

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la evaluación de las políticas sociales, la CONEVAL 2017, en su informe sobre la evolución de la pobreza 2010-2016, indica que el estado de Hidalgo muestra una disminución en el porcentaje de población en situación de pobreza del 54.7% que tenía en el 2010 al 49.7% para el año 2016. A su vez señala que cinco entidades aumentaron su porcentaje de población en situación de pobreza: Veracruz (de 58.0% en 2014 a 62.2% en el 2016), Oaxaca (de 66.8% en el 2014 a 70.4%), Tabasco (de 49.6% en 2014 a 50.9 en 2016), Chiapas (de 76.2% en el 2014 a 77.1% en 2016) y Campeche (de 43.6% en el 2014 a 43.8% en 2016). A su vez, la evaluación de la ONU (2015b), indica que el gobierno mexicano logró reducir a la mitad las tasas de pobreza extrema dando cumplimiento con el primer Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM 1), puesto que consiguió que la población que tiene ingresos inferiores a 1.25 dólares diarios se redujera en más de la mitad, de 9.3% en 1989 a 3.7% en 2014.





Conclusiones

1. Es importante tener el conocimiento de las políticas públicas existentes a nivel nacional como internacional, para saber cuáles son los programas e instituciones que las implementan. Además, permite ser analíticos en lo que respecta a su evaluación de eficiencia, eficacia y efectividad. Pudiendo así hacer una redefinición del problema y proponer la reestructuración de dicha política.
2. En México las políticas públicas en huertos escolares, han sido poco documentadas. De acuerdo a esta investigación los estados que actualmente operan dicha política social, no equivalen ni el 50% del territorio nacional, dejando fuera a varios municipios que requieren apoyo social, generando con ello una desigualdad.
3. Las ONG's son quienes han participado activamente en estudios e implementación de los huertos escolares, lo que indica que en México existe una falta de coordinación de los tres órdenes de gobierno.
4. En lo que respecta a la evaluación de CONEVAL, podemos observar que reporta un avance muy lento acerca de la erradicación de la pobreza extrema y el hambre en México a diferencia del informe que presenta FAO-México realizado a través de la presidencia de la república donde informa que ha cumplido con el primer objetivo de Desarrollo del Milenio y que fue un año antes de lo proyectado. Esto significa que no existe un mismo instrumento para la evaluación de las políticas México (Municipal, Estatal, Nacional e Internacional), por lo que los resultados no son garantía del éxito o fracaso de las políticas públicas implementadas.

Literatura Citada

- Asociación Civil Conciencia e Investigación para la Salud. Huertos Escolares. Asociación Civil Conciencia e Investigación para la Salud. México. <http://cismexico.org/home/huertos-escolares/> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Ávila, C., S. Flores y F. Rangel. 2011. La Política Alimentaria en México. Colección: Estudios e Investigaciones Editorial *Centro de Estudios para el Desarrollo Rural y la Soberanía Alimentaria*. México. pp. 35-43.





- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2018. Mandato y misión. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
<https://www.cepal.org/es/mandato-y-mision> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Chávez, G. y M. Macías 2007. Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México. Desacatos. Revista de Ciencias Sociales 25: 47-78.
- CONEVAL (Comisión Nacional de la Política de Desarrollo Social). 2017. Comunicado de prensa No.09. COVEVAL Informa. La Evolución de la Pobreza 2010-2016. México.
www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/Comunicado-09-Medicion-pobreza-2016.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Corzo, F. J. 2013. Diseño de Políticas Públicas. 2da. edición. Editorial IEXE. Puebla, México. pp.75-104.
- Dietz, G. 1999. Indigenismo y Educación diferencial en México: balance de medio siglo de políticas educativas en la región purépecha. Revista Interamericana de Educación de Adultos 1:35-60.
- ENSANUT (Encuesta Nacional de Salud y Nutrición). 2012. Distribución de la inseguridad alimentaria: evidencia para intervenciones diferenciadas. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Instituto Nacional de Salud Pública/Secretaría de Salud. México.
<http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/InseguridadAlim.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2005. Huertos escolares: educación y nutrición van de la mano. Sala de Prensa. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
<http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/104116/index.html> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010. Nueva Política de Huertos Escolares. Promover hábitos alimentarios saludables durante toda la vida. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 24 p.
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/redicean/docs/Nueva_pol%C3%ADtica_de_huertos_escolares_-_FAO.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de América Latina y el Caribe. Hambre en América Latina y el Caribe: acercándose a los Objetivos del Milenio. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 25 p. <http://www.fao.org/docrep/019/as082s/as082s.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Experiencias del PESA en México. Educación nutricional y huertos escolares en el PESA, Hidalgo. Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria, Unidad Técnica Nacional PESA-FAO. p.32.
- FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/ Organización mundial de la salud). 2014. Marco de acción de la Segunda Conferencia Internacional Sobre Nutrición. Roma: <http://www.fao.org/3/a-ml542s.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Fox, J. 1992. The politics of food in Mexico: State power and social mobilization. *In*: Buttel F.H (Ed.). Food Systems and Agrarian Change. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- González, C. N., L. Romero R. y M. I. Baños D. 2011. Huertos Ecológicos para el desarrollo de la inteligencia naturalista en alumnos de escuelas de Tenosique, Tabasco: Resultados Previos. Memoria de XI Congreso Nacional de Investigación Educativa: http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area_03/2043.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Huesca, R. L., R. López S. y M. Palacios E. 2016. El Programa de Apoyo Alimentario y la política social integral en la Cruzada contra el Hambre en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales* 61(227):379-408.
- Lowi, T.J. 1964. American Business, Public Policy, Case-Studies, and Political Theory. *World Politics* 16(4): 677-693.
- Montes de Oca, N. E. 2007. La educación en México. Los libros oficiales de lectura editados durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, 1934-1940. *Perfiles Educativos*, 29(117): 111-130.





- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 2016. Compendio de buenas prácticas para el Desarrollo Local en América Latina. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Trento, Italia. 182 pp. https://www.oecd.org/cfe/leed/2016_COMPENDIUM_SUMMER_SCHOOL_TRENTO.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2005. FAO subraya importancia de huertos escolares en educación y nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Nueva York. <https://news.un.org/es/story/2005/06/1059361> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2015a. Declaración Universal de los Derechos Humanos. Librería de la Organización de las Naciones Unidas. Nueva York. http://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2015b. Erradicando la pobreza extrema y el hambre, resultados del Objetivo del Desarrollo del Milenio #1. Organización de las Naciones Unidas. México. <http://www.onu.org.mx/erradicando-la-pobreza-extrema-y-el-hambre/> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Parodi, C. 2003. Perú 1960-2000: Políticas económicas y sociales en entornos cambiantes. Centro de Investigaciones de la Universidad del Pacífico. Lima. 24 p.
- Presidencia de la República. 1983. Ley de Planeación. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1983. México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4791123&fecha=05/01/1983 [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Presidencia de la República. 1992. Ley Agraria. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 1992. México. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13_250618.pdf [Consultado el 17 de septiembre de 2018].





- Procuraduría Agraria. 2009. Glosario de Términos Jurídico-Agrarios. Procuraduría Agraria, Secretaría de la Reforma Agraria. México. <https://www.pa.gob.mx/pa/conoce/publicaciones/Glosario%202009/GLOSARIO%20DE%20T%C3%89RMINOS%20JUR%C3%8DDICO-AGRARIOS%202009.pdf> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- SAN. 2008. El Derecho a la Alimentación en México. Marco Jurídico del Derecho a la Alimentación. Plataforma de Seguridad Alimentaria y Nutricional. México. <http://plataformacelac.org/es/derecho-alimentacion/mex> [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- SEP-SSA (Secretaría de Educación Pública-Secretaría de Salud). 2014. ACUERDO mediante el cual se establecen los lineamientos generales para el expendio o distribución de alimentos y bebidas en los establecimientos de consumo escolar de los planteles de educación básica. Secretaría de Educación Pública. Secretaría de Salud. Publicado en el Diario oficial de la Federación el 16 de mayo de 2014. México. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5344984&fecha=16/05/2014 [Consultado el 17 de septiembre de 2018].
- Shamah L.T., V. Mundo-Rosas y J.A Rivera-Dommarco. 2014. La magnitud de la inseguridad alimentaria en México: su relación con el estado de nutrición y con factores socioeconómicos. *Salud Pública de México* 56(1): S79-85.
- WHO (World Health Organization). 2008. Action plan for the global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases. World Health Organization, Washington, D.C. 25p.





VERACRUZ 2018



BIOTECNOLOGÍA



iniap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ESTABLECIMIENTO Y MULTIPLICACIÓN *In vitro* DE PIMIENTA GORDA (*Pimenta dioica* L. Merrill)

Arely López Flores³¹⁸, Suguey Vásquez Hernández^{319*}, Martín Mata Rosas³²⁰, Maricela Santiago
Santiago³²¹ y Jericó Jabín Bello Bello³²²

Resumen

La pimienta gorda (*Pimenta dioica* L. Merrill) es una de las especias cultivadas más importantes gracias a sus cualidades terapéuticas y culinarias. Las técnicas convencionales de propagación por estacas y acodos no garantizan la calidad genética y fitosanitaria para la plantación comercial de este cultivo. Por ello, el empleo de técnicas de cultivo de tejidos vegetales es una opción para la clonación *in vitro* de plantas sanas, genéticamente iguales y rejuvenecidas. El objetivo de este estudio fue desarrollar un protocolo para el establecimiento *in vitro* de *P. dioica*. Se evaluó el efecto de diferentes agentes antioxidantes (10 mg/L Azul de metileno, 35 mg/L L-Cisteína y 50 mg/L NPsAg) para evitar la fenolización de yemas utilizadas como explantes. También se evaluó la eficiencia de distintas concentraciones de L-Cisteína sobre la fenolización de explantes. Además, se evaluaron diferentes concentraciones de reguladores de crecimiento: 6-bencilaminopurina (BAP) y tidiazurón (TDZ) (0.1, 0.5 y 1.0 mg/L) para inducir la brotación de yemas. El diseño experimental fue completamente al azar, se realizó un análisis de varianza con prueba Tukey ($p \leq 0.05$). Se determinó que la cisteína resultó el mejor tratamiento para evitar la fenolización de los explantes, con $46.66 \pm 3.33\%$. La adición de 50 o 100 mg/L de L-Cisteína presentó 33.33 ± 6.66 y $26.66 \pm 3.33\%$ de fenolización, respectivamente, mientras que en el medio sin antioxidante se observó $86.66 \pm 3.33\%$. Respecto a los reguladores de crecimiento

³¹⁸ Universidad Politécnica de Puebla, tercer carril del Ejido Serrano s/n, San Mateo Cuanalá, mpio. de Juan C. Bonilla. C.P. 72640 Puebla, México.

³¹⁹ Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. C.P. 94349, Orizaba, Ver., México.

³²⁰ Instituto de Ecología, A. C.- INECOL. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México.

³²¹ La Joya del Totonacapan, calle sin nombre s/n, localidad El Progreso, mpio. de Atzalan, C.P. 93680, Veracruz.

³²² CONACyT - Campus Córdoba. Colegio de Postgraduados, km 348 Carretera federal Córdoba-Veracruz. *jericobello@gmail.com





evaluados, las concentraciones de 1.0 mg/L de BAP y 0.5 mg/L de TDZ promovieron mayor respuesta y mayor desarrollo de yemas, obteniendo 23.33 ± 3.33 y 20.00 ± 5.77 brotes por explante, respectivamente. El sistema desarrollado para el establecimiento y multiplicación *in vitro* de pimienta gorda que permite disminuir la oxidación de yemas y promover su desarrollo.

Palabras clave: antioxidantes, explantes, fenolización

Introducción

El cultivo de especias ha jugado un papel importante en el comercio mundial a lo largo de los años. Muchos países, especialmente asiáticos, han puesto gran interés en el cultivo de especias debido a su alta demanda a nivel mundial. Dentro de las especias cultivadas, la pimienta es la más importante (Martínez *et al.*, 2013). La familia Myrtaceae tiene aproximadamente 3,000 especies leñosas, la mayoría de las cuales crecen en los trópicos (Peter, 2012), siendo *Pimenta dioica* L. Merrill una especie de las más importantes. La pimienta gorda es originaria de México y Centroamérica y ha sido domesticada en varios países tropicales del mundo. En México, ecológicamente se distribuye en la vertiente del Golfo de México, desde el norte de Puebla y Veracruz hasta el sur de la Península de Yucatán, relacionando algunas características climáticas y edáficas similares en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (García, 1971; Martínez *et al.*, 2013). A nivel mundial, México se encuentra en el segundo lugar, después de Jamaica, en producción y exportación de pimienta; su cultivo se lleva a cabo en mayor porcentaje en temporal, dependiendo así de las condiciones ambientales para desarrollarse (Financiera Rural, 2011; Hernández-Jiménez, 2014). La producción de pimienta en el país se ubica bajo dos contextos totalmente diferentes, por un lado, participan productores con una agricultura tradicional de traspatio, fuerza de trabajo familiar y manual, en muchos casos como cultivo alternativo, con falta de apoyos y de tecnologías; por otro, los sistemas más sofisticados del comercio internacional (ASERCA, 2001; Martínez *et al.*, 2013). La propagación tradicional mediante esquejes y acodos aumenta el riesgo de propagar material





vegetal afectado por plagas y enfermedades. Además, no garantiza los volúmenes de material vegetal de plantación con calidad fisiológica, sanitaria y genética en cortos periodos de tiempo. Por ello, el empleo de técnicas biotecnológicas mediante cultivo de tejidos vegetales (CTV) es importante para la micropropagación de plantas sanas, libres de plagas y de enfermedades y, genéticamente homogéneas (Asare-Bediaco *et al.*, 2007; García *et al.*, 2015). Por ello, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema aséptico para el establecimiento y multiplicación *in vitro* de pimienta gorda.

Materiales y métodos

Lugar de trabajo

La investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales perteneciente al Colegio de Posgraduados Campus Córdoba, ubicado en el km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, en Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. El cual cuenta con la certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) Certificado: 01-016-2/COLPOS/2018, por dos años (2018-2020). Esta certificación acredita al laboratorio para la micropropagación de plántulas libres de plagas y enfermedades manteniendo las buenas prácticas de laboratorio y cuidados con el medio ambiente mediante normas de seguridad e higiene.

Selección de plantas madre

Se utilizaron plantas madre de *P. dioica*, ecotipo Totonacapan, provenientes de la región del Totonacapan proporcionadas por la empresa La Joya del Totonacapan SPR de RL, las cuales se conservaron en invernadero con malla sombra 50%, permitiendo una irradiancia de $132 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y humedad relativa de $60 \pm 5\%$. Se realizaron pretratamientos mediante la aplicación 1 g/L de bactericida y fungicida (Agrymicin 100 y Captan Ultra, respectivamente) dos veces por semana. Adicionalmente, se realizó fertilización (Ultrasol NKS 46) 1 g/L y riego dos veces por semana.





Selección de explantes

El material vegetal estuvo conformado por 30 yemas apicales y laterales de aproximadamente 2 cm de longitud, conservándose siempre en agua limpia. Una vez recolectados los explantes se procedió a lavar con agua corriente y jabón desinfectante (axión tricloro) en circulación continua durante 20-30 minutos, posteriormente se realizó un último enjuague con agua potable durante 20 minutos.

Desinfección del material vegetal

El establecimiento se realizó bajo condiciones asépticas. Se realizó esterilización superficial mediante el uso de diversos agentes químicos en grupos de aproximadamente 30 explantes, realizándose un primer enjuague con etanol al 70% v/v durante un minuto e inmediatamente después se sumergieron en una solución de 100 mL de hipoclorito de sodio (cloralex 6% i.a.) al 15% y 10% v/v por 15 y 10 minutos, respectivamente, con dos gotas de Tween[®]20 en constante agitación. Posteriormente, se llevaron a cabo tres enjuagues con agua destilada estéril. Consecutivamente los explantes se sumergieron durante cinco minutos en una solución de L-Cisteína 50 mg/L y finalmente se transfirieron a una solución de 100 mg/L de Nanopartículas de plata (NPsAg) durante cinco minutos.

Tratamientos con antioxidantes

Para obtener el mejor agente antioxidante para la introducción *in vitro* de *P. dioica*, se realizaron tratamientos con la adición de azul de metileno (10 mg/L), L-Cisteína (35 mg/L) y NPsAg (50 mg/L) al medio de cultivo. El medio de cultivo consistió en sales MS (Murashige y Skoog, 1962), 30 g/L de sacarosa y 2.5 g/L de phytigel (Sigma) como agente gelificante. Una vez que se seleccionó el mejor tratamiento para evitar la oxidación de los explantes, L-Cisteína resultó ser el mejor tratamiento. Se evaluaron diferentes concentraciones de L-Cisteína (50, 100 y 200 mg/L) para disminuir la oxidación.

Evaluación de diferentes reguladores de crecimiento para brotación de yemas

Se utilizaron como reguladores de crecimiento tiazurón (TDZ) y 6-bencilaminopurina (BAP) a diferentes concentraciones (0.1, 0.5 y 1.0 mg/L). El pH del medio de cultivo se ajustó a 5.8 ± 0.1 , con HCl 0.1 N y NaOH 0.1 N, esterilizando el medio de cultivo a 121°C y 15 libras de





presión durante 20 minutos. Finalmente, se sembraron los explantes directamente en tubos de ensayo que contenían 10 mL de medio de cultivo repitiéndose el ensayo por duplicado, las condiciones ambientales de incubación se ajustaron a 24-26°C y humedad relativa de $45 \pm 5\%$ e irradiancia de $136 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental de la investigación fue completamente al azar y cada tratamiento consistió de un total de 10 explantes. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. En cada experimento se registraron las variables: porcentaje de contaminación, fenolización y de respuesta. Los datos fueron procesados con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22 para Windows y el análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un valor de $p \leq 0.05$ para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

Resultados y discusión

En los tratamientos evaluados para evitar la oxidación de los explantes, utilizando MS como control, azul de metileno en una concentración de 10 mg/L, L-Cisteína 35 mg/L y NPsAg 50 mg/L, se obtuvo un $86.66 \pm 3.33\%$ de fenolización en el control, sin agente antioxidante, $66.66 \pm 3.33\%$ en azul de metileno y NPsAg, mientras que en el medio adicionado con L-Cisteína un $46.66 \pm 3.33\%$ de fenolización. Respecto a la contaminación, se observó $43.33 \pm 3.33\%$ de contaminación en medios suplementados con azul de metileno, L-Cisteína, $46.66 \pm 3.33\%$ tratamiento control sin antioxidantes; mientras que, en el tratamiento con NPsAg el de contaminación fue de $33.33 \pm 3.33\%$ (Cuadro 1). Sin embargo, en ningún tratamiento evaluado se obtuvo una respuesta positiva respecto a la generación de nuevos brotes.



Cuadro 1. Efecto de diferentes antioxidantes sobre la respuesta in vitro de explantes nodales de pimienta (*Pimenta dioica* L. Merrill).

Tratamiento	Concentración (mg/L)	Fenolización (%)	Contaminación (%)	Respuesta (%)
Sin antioxidante	0	86.66 ± 3.33 ^a	46.66 ± 3.33 ^a	3.33 ± 3.33 ^a
Azul de metileno	10	66.66 ± 3.33 ^b	43.33 ± 3.33 ^a	6.66 ± 3.33 ^a
L-Cisteína	35	46.66 ± 3.33 ^c	43.33 ± 3.33 ^a	3.33 ± 3.33 ^a
NPsAg*	50	66.66 ± 3.33 ^b	33.33 ± 3.33 ^a	6.66 ± 3.33 ^a

Los valores representan la media ± EE (Error Estándar). Medias con diferente letra dentro de la columna son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$), a los 30 días de cultivo. *NPsAg: Nanopartículas de plata.

Al evaluar el efecto de diferentes concentraciones de L-Cisteína durante el establecimiento *in vitro* de pimienta, se encontró un efecto positivo sobre el porcentaje de fenolización. La concentración de 50 presentó $33.33 \pm 3.33\%$, 100 mg/L $26.66 \pm 3.333\%$ de fenolización, obteniendo además $6.66 \pm 3.33\%$ de respuesta en la brotación de yema de los explantes. Por otro lado, la concentración de 200 mg/L de L-Cisteína mostró un $23.33 \pm 3.33\%$ de fenolización, a pesar de esto no presentó respuesta alguna en la brotación de yemas (Cuadro 2). El porcentaje de contaminación fue relativamente bajo ($30.00 \pm 5.77\%$ a $33.33 \pm 3.33\%$); sin embargo, la baja respuesta a la producción de nuevos brotes se debió probablemente a que en estos tratamientos no se adicionó ningún tipo de regulador de crecimiento.

Cuadro 2. Evaluación de las diferentes concentraciones de L-Cisteína como agente antioxidante en pimienta (*Pimenta dioica* L. Merrill).

Concentración (mg/L)	Fenolización (%)	Contaminación (%)	Respuesta (%)
0	86.66 ± 3.33 ^a	33.33 ± 3.33 ^a	3.33 ± 3.33 ^a
50	33.33 ± 3.33 ^b	33.33 ± 6.66 ^a	6.66 ± 3.33 ^a
100	26.66 ± 3.33 ^b	33.33 ± 3.33 ^a	6.66 ± 3.33 ^a
200	23.33 ± 3.33 ^b	30.00 ± 5.77 ^a	10.00 ± 5.77 ^a

*Los valores representan la media ± EE (Error Estándar). Medias con diferente letra dentro de la columna son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$) a los 30 días de cultivo.

La oxidación generalmente se presenta en las primeras etapas de la propagación *in vitro*, afectando el porcentaje del establecimiento de los ápices, constituyendo una disminución del potencial de multiplicación del material. Investigaciones han demostrado que los antioxidantes se hacen necesarios para poder propagar *in vitro* muchos cultivos (Reyes,





2013). La presencia de compuestos fenólicos está estrechamente relacionada con el estrés oxidativo y nitrosativo que sufren las células cultivadas *in vitro* (Azofeifa, 2009; Nieto y Valdiviezo, 2013). Se ha reportado el uso de L-Cisteína en fresa (*Fragaria X ananassa* Duch.) para el control de la oxidación (Cuevas y Salaverría, 2004).

Al evaluar el efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la respuesta *in vitro* de yemas de pimienta se obtuvo una mayor respuesta a la brotación de yemas en 1.0 mg/L de BAP y 1.0 mg/L de TDZ con $23.33 \pm 3.33\%$ y con 0.5 mg/L de TDZ $20.00 \pm 5.77\%$. Mientras que, en las concentraciones bajas de BAP y TDZ evaluadas se obtuvieron porcentajes de respuesta ($3.33 \pm 3.33\%$ a $13.33 \pm 3.33\%$) en la brotación de yemas. Por otro lado, en el tratamiento donde no se utilizó reguladores de crecimiento no se observó respuesta en las yemas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la respuesta *in vitro* de yemas de pimienta (*Pimenta dioica* L. Merrill).

Regulador de Crecimiento	Concentración (mg/L)	Fenolización (%)	Contaminación (%)	Respuesta (%)
BAP	0	26.66 ± 3.33^a	26.66 ± 3.33^a	3.33 ± 3.33^b
	0.1	26.66 ± 3.33^a	23.33 ± 3.33^a	6.66 ± 3.33^b
	0.5	26.66 ± 3.33^a	26.66 ± 3.33^a	13.33 ± 3.33^b
	1.0	26.66 ± 3.33^a	26.66 ± 3.33^a	23.33 ± 3.33^a
TDZ	0	26.66 ± 3.33^a	26.66 ± 3.33^a	3.33 ± 3.33^b
	0.1	33.33 ± 3.33^a	23.33 ± 3.33^a	10.00 ± 0.00^b
	0.5	30.00 ± 5.77^a	26.66 ± 3.33^a	20.00 ± 5.77^a
	1.0	33.33 ± 3.33^a	26.66 ± 3.33^a	23.33 ± 3.33^a

Los valores representan la media \pm EE (Error Estándar). Medias con diferente letra dentro de la columna son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$), a los 30 días de cultivo. BAP: 6-bencilaminopurina, TDZ: tiazurón.

En otros estudios se demuestra que entre los reguladores de crecimiento más utilizados se encuentran el 6-benzilaminopurina (BAP) y tiazurón (TDZ), se ha reportado en cultivo *in vitro* de especies de pimienta la eficacia de la adición al medio de cultivo de BAP en *P. nigrum* (Philip *et al.*, 1992), *P. umbellatum* (Cesty *et al.*, 2007) y TDZ en *P. nigrum* (Ahman *et al.*, 2013). En este sentido, se requiere continuar evaluando otros reguladores de crecimiento, esto debido a que *P. dioica* se comporta como una especie recalcitrante a la morfogénesis. Se sugiere además evaluar otro tipo de explantes como hojas y peciolo.





Conclusiones

1. La adición de L-Cisteína en el medio de cultivo favorece la reducción de oxidación. 2. Las NPsAg reducen el porcentaje de contaminación ocasionada por hongos y bacterias. 3. La adición de BAP y TDZ promueve la brotación de yemas y laterales de *P. dioica*.

Agradecimientos

Se agradece al Colegio de Postgraduados y La Joya del Totonacapan, S. de P.R. de R. L. por financiar la presente investigación con el apoyo del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (PEI-2018, Proyecto No. 251642), modalidad PROINNOVA (Proyectos en red orientados a la innovación) a través del proyecto “Optimización del proceso de micropropagación a gran escala de plantas de *Pimenta dioica* (L.) Merrill, en sistemas de biorreactores”.

Literatura citada

- Asare-Bediako, E., Opoku-Asiama, Y., Showemimo, F. A. and Tetteh, J. P. 2007. Evaluation of different methods and sterilizing sprouting media for in the control of miniset rot of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). American Journal of Food Technology 2(2):95-99.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). 2001. Consultado: 20 de Junio del 2018. Claridades Agropecuarias. La pimienta una especie milenaria, en un mercado especial. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp?numero=96>
- Azofeifa, Á. 2009. Problemas de oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados *in vitro*. Agronomía mesoamericana 20.





- Borda-Yepez, C., E. C. Saenz T. y G. P. Pereira L. 2007. Micropropagación de *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq. vía organogénesis directa. Revista Cubana de Plantas Medicinales 12(4).
- Cuevas, M. C. S. y L. Salaverría J. 2004. Control de la oxidación y la contaminación en el cultivo *in vitro* de fresa (*Fragaria X ananassa* Duch.). Revista Científica UDO Agrícola 4(1):21-26.
- Financiera Rural. 2011. Monografía de la pimienta. <http://www.financierarural.gob.mx>
- García E., W. H. 1971. Posibilidad de desarrollo y cultivo de la pimienta gorda (*Pimenta dioica*) en el estado de Tabasco, Chapingo, México.
- García, M. B., R.Gómez-Kosky, Abeal, E. E., Avalos, D. R., Malaurie, B. y Batista, R. D. 2015. Respuesta en campo de plantas *in vitro* de *Dioscorea alata* L. clon Caraqueño en distintos momentos de plantación. Biotecnología Vegetal 15(3).
- Hernández-Jiménez, Z. G. 2014. *Pimenta dioica* (L.) Merrill (Myrtaceae): Actividad antibacteriana y metabolitos secundarios (Doctoral dissertation, Instituto en Ciencias Biológicas-Licenciatura en Biología-UNICACH).
- Martínez, P. D., García, I. H., Antonio, M., González, I. M. y Genaro, E. 2013. La pimienta gorda en México (*Pimenta dioica* L. Merrill): avances y retos en la gestión de la innovación. (No. 633.83 M3).
- Nieto, V. V. E. y Valdiviezo M., M. L. 2013. Establecimiento de un protocolo de regeneración *in vitro* y aclimatación para *Fuchsia pilaloensis* y *Fuchsia hybrida* para su conservación. Bachelor's thesis, Quito: 2013.
- Peter, K. V. 2012. Handbook of herbs and spices. Elsevier.
- Philip, V. J., Joseph, D., Triggs, G. S. and Dickinson, N. M. 1992. Micropropagation of black pepper (*Piper nigrum* Linn.) through shoot tip cultures. Plant Cell Reports, 12(1):41-44.
- Reyes, P. 2013. Uso de L-cisteína y ácido ascórbico para reducir la oxidación durante el establecimiento y la multiplicación *in vitro* de ápices meristemáticos de tres cultivares de plátano (*Musa spp.*) incubados bajo luz y oscuridad. Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.





PROPAGACIÓN *In vitro* DE MALANGA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Eucario Mancilla Álvarez³²³, Rosalía Núñez Pastrana³²³, Samantha Arano Ávalos³²⁴, Alberto Asiain Hoyos³²⁵ y Jericó Jabín Bello Bello^{326*}

Resumen

La micropropagación de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) es una alternativa rápida y eficiente para la producción masiva de clones de alta calidad genética y fitosanitaria. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de los reguladores de crecimiento Tidiazuron (TDZ) y Bencilaminopurina (BAP) en la formación *in vitro* de brotes adventicios de malanga. Los ápices de las variedades Criolla y Tabasco fueron sometidas a un proceso de desinfección superficial para su descontaminación. Para el establecimiento inicial de explantes se utilizó el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog) suplementado con 30 g/L de sacarosa y 2.5 g/L phytigel como agente gelificante. Para la proliferación de brotes *in vitro* se evaluaron el efecto de los reguladores de crecimiento TDZ y BAP en diferentes concentraciones (0.5, 1, 1.5, 2 mg/L y 0, 1, 2, 3, 4 mg/L, respectivamente). A los 25 días de cultivo se evaluó: número de brotes y longitud de brotes por explante. Las plántulas fueron transferidas a invernadero para su aclimatización y se evaluó el porcentaje de supervivencia *ex vitro*. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial y prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) con el software IBM SPSS STATISTICS Versión 22. Todos los tratamientos respondieron a la regeneración de brotes. El mayor número de brotes en etapa de multiplicación se logró con 3 y 4 mg/L de BAP, obteniendo de 6.40 a 6.73 brotes por explante. Los brotes generados en etapa de multiplicación enraizaron al 100% en medio MS sin reguladores de crecimiento. En etapa de aclimatización se obtuvo del 98 al 100% de supervivencia. Estos resultados permitieron

³²³Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. C.P. 94945, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México.

³²⁴Colegio de Postgraduados campus Córdoba. km 348 carr. federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León. 94946, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México.

³²⁵Colegio de Postgraduados campus Veracruz. km 88.5 carr. federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. 91690.

³²⁶CONACyT - campus Córdoba. Colegio de Postgraduados. km 348 carr. federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León. 94946, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. *jericobello@gmail.com





establecer un sistema eficiente de propagación *in vitro* de malanga que puede ser utilizado para producción de variedades de importancia económica.

Palabras clave: banco de germoplasma, micropropagación, clones

Introducción

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) perteneciente a la familia *Araceae*. Tradicionalmente se propaga vegetativamente utilizando tallos subterráneos de las plantas conocidos como cormelos (Cho *et al.*, 2007). La ventaja de este método es que se mantiene la identidad y estabilidad genética de la descendencia. Sin embargo, puede ocasionar la diseminación de plagas y enfermedades virales, fungosas y bacterianas que disminuyen el rendimiento del cultivo (Rodríguez *et al.*, 1999; Zeledon, 2006). Matehus *et al.* (2006) reportan que la carencia de semillas de alta calidad es una de las principales limitantes de su producción. Debido a esto es importante desarrollar técnicas para la propagación y conservación de esta importante especie. Una alternativa es la técnica de Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV), utilizada para la micropropagación masiva (Vallejo y Estrada, 2013). Con las técnicas de CTV es posible obtener plantas rejuvenecidas libres de plagas y enfermedades. Además, se obtiene una propagación masiva en cortos periodos de tiempo en espacios reducidos (Hurtado *et al.*, 1987). Por lo tanto, el cultivo *in vitro* representa una herramienta de la biotecnología vegetal importante para la micropropagación de esta importante especie. Se han reportado diferentes sistemas de propagación *in vitro* de malanga. Estudios realizados por Chand *et al.* (1999), evaluaron diferentes cultivares de malanga (Akalomamale, Bunterforetne, Isikawa-wase, Niue, Tonoimo y TusiTusi) cultivados en medio MS suplementado con diferentes concentraciones de BAP y TDZ, encontrando que la mejor concentración para la proliferación de brotes fue de 1.0 mg/L de TDZ. Por otro lado, Du *et al.* (2006), desarrollaron un método de propagación *in vitro* para la variedad Antiquorum, donde utilizaron diferentes concentraciones de BAP y TDZ en medio MS, encontrando que 3.0 mg/L de BAP fue la mejor concentración para la regeneración de nuevos brotes, obteniendo 4.7 de brotes por explante. Recientemente, Sama *et al.* (2012)





evaluaron diferentes combinaciones de BAP y TDZ, encontraron que el mayor número de brotes ocurrió en la concentración de 0.44 mg/L de TDZ, con 10.7 brotes por explante. De acuerdo con la diversidad de respuestas que tiene los protocolos de regeneración *in vitro* de malanga, es importante establecer sistemas de micropropagación adaptados a las variedades de mayor importancia de nuestro mercado nacional. Por lo anterior, el objetivo de esta etapa fue desarrollar un protocolo de propagación *in vitro* para la multiplicación masiva de malanga utilizando como reguladores de crecimiento BAP y TDZ.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Posgraduados, campus Córdoba, localizado en el km. 348 de la carretera federal Córdoba-Veracruz en Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Localizado geográficamente a 19° 27' latitud N y 98° 53' longitud O, a 720 m de altitud. El cual tiene certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Certificado: 01-016-2/COLPOS/2018, por dos años (2018-2020). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y estevia (*Stevia rebaudiana* B.). El trabajo se realizó en el periodo de agosto 2017 a mayo 2018.

Material vegetal

Los explantes iniciales fueron ápices de plantas madres de malanga (*C. esculenta*) de las variedades Criolla y Tabasco, obtenida de las plantas madres del banco de germoplasma del COLPOS, Campus Veracruz.

Establecimiento *in vitro* de malanga

Una vez colectados los explantes de malanga y trasladados al laboratorio, se lavaron superficialmente con agua corriente y jabón líquido comercial, durante 20 minutos y se retiraron las raíces de los cormelos. Posteriormente, se mantuvieron en agitación por 20 minutos en una solución con 1 g/L bactericida benomilo (Promyl®). En la campana de flujo





laminar, los explantes se sumergieron de 15 a 20 minutos en una solución de hipoclorito de sodio 0.6% v/v, adicionado con dos gotas Tween-80 por cada 100 mL. Después de esto, se sumergieron durante un min en etanol al 96%. Para eliminar cualquier residuo de cloro o etanol, se realizaron tres enjuagues de cinco minutos cada uno con agua destilada estéril. Después de este tratamiento los explantes se sumergieron nuevamente por 10 minutos en una solución al 0.1% de hipoclorito de sodio y se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril durante 5 minutos. Finalmente se sembraron los ápices en tubo de ensaye con el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 3% de sacarosa y agente gelificante al 0.25% de Phytigel®.

Multiplicación *in vitro* de malanga

Se sembraron 15 ápices por cada variedad a razón de un ápice por tubo de (22x220 mm) con 15 mL de medio de cultivo MS. Estos explantes fueron incubados a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ bajo iluminación con lámparas fluorescentes con irradiancia de entre $30\text{-}40 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$ y un fotoperiodo de 16 h luz. Después de permanecer en la etapa de establecimiento *in vitro*, se realizó un subcultivo para la multiplicación. Para la proliferación de brotes *in vitro* se evaluaron los reguladores de crecimiento BAP y TDZ a diferentes concentraciones (0, 1, 2, 3 y 4 mg/L y 0.5, 1, 1.5 y 2 mg/L, respectivamente) en medio de cultivo semisólido MS. Se adicionaron 30 mL de medio de cultivo en frascos de cristal con capacidad de 500 mL y se esterilizaron en una autoclave por 15 minutos a una temperatura de 120°C y a 15 psi de presión. Se cultivaron tres explantes por frasco, sumando un total de 15 repeticiones. A los 25 días de cultivo de evaluó el porcentaje de respuesta, número y longitud de brotes por explante. Una vez que se obtuvo proliferación de plántulas de malanga, se indujo un mayor crecimiento radicular para la sobrevivencia en condiciones *ex vitro*, para ello se individualizaron los brotes y se cultivaron en medio MS sin reguladores de crecimiento de acuerdo con la metodología propuesta por Niemenak *et al.* (2013).

Aclimatización

Para esta etapa las plántulas se sacaron del área de incubación dos días previos a ser transferidas a invernadero. Los brotes con una altura entre 3-5 cm que presentaban un óptimo desarrollo radicular fueron enjuagados con agua corriente. Posteriormente, se





sembraron en sustrato estéril de musgo turboso y agrolita (1:1 v/v) utilizando charolas de 72 cavidades (5 x 5 x 8 cm). Las plántulas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero con sombra al 50%, humedad relativa entre del 90 al 95% y temperatura entre 30 y 35°C. Se aplicaron riegos con agua corriente tres veces por semana, así como fertilizante foliar Nitrofoska® NPK (25-10-17) una vez por semana. Al cabo de ocho semanas de cultivo se evaluó el porcentaje de supervivencia.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo bifactorial. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Los datos se procesaron utilizando el paquete estadístico SPSS® v. 22 para Windows y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados (Cuadro 1).

Al comparar el efecto de las variedades Criolla y Tabasco sobre las variables de desarrollo evaluadas se encontró para la variedad Criolla el mayor número de brotes por explante, con 6.40 ± 0.21 y 6.73 ± 0.20 brotes en concentración de 3 y 4 mg/L de BAP, respectivamente; mientras que, la menor producción de brotes se obtuvo en la variedad Tabasco, obteniendo 3.06 ± 0.21 y 2.86 ± 0.19 brotes en el control y 0.5 mg/L de TDZ, respectivamente. Respecto a la longitud de brotes, la variedad Criolla obtuvo la mayor longitud con 6.20 ± 0.22 y 6.32 ± 0.19 en concentración de 0.5 y 1 mg/L TDZ, respectivamente; para la variedad Tabasco, la mayor longitud de brotes se obtuvo en el tratamiento control, 1 mg/L de BAP y 0.5 mg/L de TDZ, con 6.22 ± 0.20 , 6.20 ± 0.22 y 6.14 ± 0.20 cm, respectivamente; mientras que la menor longitud de brote se encontró en la variedad Criolla con 3.52 ± 0.16 cm en la concentración de 4 mg/L de BAP. Respecto al número de hojas por brote, se observó una formación homogénea de hojas en ambas variedades para los dos reguladores de crecimiento evaluados.



Cuadro 1. Efecto de reguladores de crecimiento Bencilaminopurina (BAP) y Tidiazurón (TDZ) sobre la multiplicación *in vitro* de dos variedades de malanga.

Cultivar	Regulador de crecimiento	Dosis (mg/L)	No. de brotes/explante	Longitud de brotes (cm)	No. de hojas/brote
Criolla	BAP	0	3.11 ± 0.20 ^{cd}	5.33 ± 0.17 ^{abc}	3.17 ± 0.13 ^{abc}
		1	4.20 ± 0.17 ^{bc}	5.31 ± 0.13 ^{abc}	2.80 ± 0.09 ^c
		2	5.20 ± 0.22 ^b	5.17 ± 0.18 ^{abc}	3.43 ± 0.14 ^{bc}
		3	6.40 ± 0.21 ^a	4.34 ± 0.78 ^{abc}	3.50 ± 0.13 ^a
		4	6.73 ± 0.20 ^a	3.52 ± 0.16 ^c	2.77 ± 0.12 ^{abc}
	TDZ	0.5	3.13 ± 0.19 ^{cd}	6.22 ± 0.16 ^a	3.14 ± 0.07 ^{abc}
		1	3.20 ± 0.22 ^{cd}	6.32 ± 0.19 ^a	3.68 ± 0.15 ^{abc}
		1.5	5.00 ± 0.26 ^b	3.91 ± 0.13 ^{bc}	3.20 ± 0.07 ^{abc}
		2	5.06 ± 0.20 ^b	4.13 ± 0.16 ^{bc}	3.33 ± 0.11 ^{abc}
		4	5.06 ± 0.18 ^b	4.69 ± 0.14 ^{abc}	3.46 ± 0.10 ^{abc}
Tabasco	BAP	0	3.06 ± 0.21 ^d	6.22 ± 0.20 ^a	2.92 ± 0.09 ^{bc}
		1	3.13 ± 0.20 ^{cd}	6.20 ± 0.22 ^a	3.33 ± 0.14 ^{abc}
		2	4.73 ± 0.25 ^b	5.41 ± 0.16 ^{ab}	3.20 ± 0.13 ^{abc}
		3	5.26 ± 0.24 ^b	4.83 ± 0.15 ^{abc}	3.34 ± 0.11 ^{abc}
		4	5.06 ± 0.18 ^b	4.69 ± 0.14 ^{abc}	3.46 ± 0.10 ^{abc}
	TDZ	0.5	2.86 ± 0.19 ^d	6.14 ± 0.31 ^a	3.21 ± 0.11 ^{abc}
		1	3.13 ± 0.21 ^{cd}	5.12 ± 0.17 ^{abc}	3.46 ± 0.13 ^{abc}
		1.5	4.86 ± 0.30 ^b	5.00 ± 0.22 ^{abc}	3.34 ± 0.08 ^{abc}
		2	5.13 ± 0.27 ^b	4.00 ± 0.17 ^{bc}	3.08 ± 0.06 ^{abc}
		4	5.13 ± 0.27 ^b	4.00 ± 0.17 ^{bc}	3.08 ± 0.06 ^{abc}
<i>P. (Variedad)</i>			0.000	0.039	0.762
<i>P. (Regulador)</i>			0.000	0.000	0.001
<i>P. (Var. x Reg.)</i>			0.001	0.127	0.009

*Los valores representan la media ± ES (error estándar). Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Estos resultados muestran similitud con lo descrito por Manju *et al.* (2017), quienes en malanga obtuvieron en 5.7 brotes por explante utilizando 2.2 mg/L de BAP. Mientras que Du *et al.* (2006) obtuvieron 2.5 brotes por explantes con 1.0 mg/L de BAP en combinación con 0.5 mg/L de NAA (ácido naftalenacético) y, 4.7 brotes con 3.0 mg/L de BAP en combinación con 0.1 mg/L TDZ. El BAP es un regulador de crecimiento vegetal sintético comúnmente utilizado en fase de proliferación de brotes del género *Colocasia*, particularmente en *C. esculenta* (Du *et al.*, 2006; Manju *et al.*, 2017). Sin embargo, de acuerdo con los resultados de análisis bifactorial, se encontró interacción entre el factor variedad y los reguladores de





crecimiento evaluados. Este comportamiento indica que la respuesta a la multiplicación es distinta para cada variedad. Probablemente, al evaluar otras variedades, bajo las mismas condiciones y concentraciones de BAP y TDZ, puedan tener efectos diferentes sobre las variables evaluadas.

En este estudio, la inducción del crecimiento radicular en medio MS sin reguladores de crecimiento promovió altos porcentajes de sobrevivencia durante la aclimatización. En los cuales no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de cultivo, obteniendo respuesta del 99 al 100%. A diferencia de otros estudios, en los que se han obtenido resultados favorables al adicionar 0.5 mg/L de ácido indolacético (AIA) para inducir raíces en cultivo de malanga (Bhuiyan *et al.*, 2011). Por otro lado, Vilchez *et al.* (2011) reportan que aún sin el uso de auxinas, es posible llevar a cabo el enraizamiento *ex vitro* de malanga proveniente de SIT. Esto significa que el cultivo de malanga es una especie de noble respuesta y no recalcitrante a la morfogénesis *in vitro*; durante la etapa de aclimatización se obtuvo entre el 98 al 100% de supervivencia.

Los resultados del presente estudio indican que para la variedad Criolla las mejores concentraciones para promover el número de brotes por explante son 3 y 4 mg/L de BAP, aunque la longitud de brotes no fue mayor con este tratamiento, resulta más eficiente debido a que nuestro principal interés es obtener una mayor producción de brotes, los cuales puede continuar su crecimiento en la fase de aclimatización. Al no encontrar diferencias significativas entre ambos tratamientos en cuanto al número de brotes, se recomienda utilizar la menor concentración para economizar los costos de producción durante la micropropagación de esta especie. En cuanto a la variedad Tabasco, es un cultivar de respuesta diferente a las concentraciones antes mencionadas, lo cual indica que existe una respuesta diferente en cuanto a los genotipos evaluados.

Conclusiones

1. El uso de reguladores de crecimiento BAP y TDZ favorecen el desarrollo de plantas multiplicadas *in vitro* de malanga.
2. Se obtuvo entre el 98 al 100% de sobrevivencia durante la aclimatización en invernadero para ambas variedades.
3. Se obtuvo un protocolo de





propagación *in vitro* de malanga validado para las variedades Criolla y Tabasco, el cual podría ser evaluado en otras variedades de este importante cultivo.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT por financiar parcialmente esta investigación a través del proyecto “Aprovechamiento de la diversidad genética y desarrollo de tecnología sustentable de producción, beneficio y manejo poscosecha de la malanga” con clave 265427 de la convocatoria 2015-3.

Literatura citada

- Bhuiyan, M. K. R., M. J. Hossain., M. S. Rahman., S. M. L. Rahman and M. A. Sattar. 2011. Root initiation in mukhikachu (*Colocasia esculenta*) as influenced by IAA and NAA. Bangladesh J. Agril. Res 36(3):487-494.
- Chand, H., M. N. Pearson and P. H. Lovell. 1999. Rapid vegetative multiplication in *Colocasia esculenta* (L.) Schott (taro). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 55:223-226.
- Cho, J. J., R. A. Yamakawa and J. Hollyer. 2007. Hawaiian Kalo, past and future. University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources. SA-1.
- Du, H. M., D. M. Tang and D. F. Huang. 2006. Fragrant taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) var. antiquorum micropropagation using thidiazuron and benzylaminopurine. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 81(3):379-384.
- Hurtado, D., M. Merino y E. María. 1987. Cultivo de tejidos vegetales. Trillas. México.
- Manju, B. E., A. G. Mbong, N. C. Fokunang, A. E. Tempe-Fokunang and H. Rachid. 2017. Application of *in vitro* micropropagation technique for sustainable production of four local taro cultivars [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] in Cameroon. African Journal of Biotechnology 16(30):1638-1645.
- Matehus, J., G. Romay y M. A. Santana. 2006. Multiplicación *in vitro* de ocumo y taro. Agronomía Tropical, 56(4):607-613.





- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Niemenak, N., A. M. Noah and D. N. Omokolo. 2013. Micropropagation of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) in temporary immersion bioreactor. *Plant Biotechnology Reports* 7(3):383-390.
- Rodríguez, A., A. Rodríguez y S. Quintero. 1999. Caracterización de germoplasma y mejoramiento participativo en especies de raíces y tubérculos alimenticios tropicales y en musáceas. Simposio Internacional y Talleres sobre Fitomejoramiento Participativo (FMP) en América Latina y el Caribe: un intercambio de experiencias. Quito, Ecuador.
- Sama, A., E. Harrison, G. H., S. A. Mohamed and A. S. Mohamed. 2012. An efficient *In vitro* propagation protocol of cocoyam [*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott]. *The Scientific World Journal.* 1-10.
- Vallejo, C. y S. Estrada. 2013. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Departamento de Ciencias Agrícolas. 459 p.
- Vilchez, J., N. Albany, L. Martínez, M. Molina, C. Pirela, M. Molina, *et al.* 2011. Multiplicación en sistemas de inmersión temporal y enraizamiento ex vitro de ocumo blanco. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología* 13(1):94-102.
- Zeledón, M. 2006. Organogénesis directa y embriogénesis indirecta en el cultivo *in vitro* de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott), cultivar blanco. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía.





IDENTIFICACIÓN DEL AEROSOL BIOLÓGICO AÉREOTRANSPORTADO ENTRE SIERRA NEVADA Y GRANADA, ESPAÑA

Diana Uresti Durán^{327*}, Paloma Cariñanos González³²⁸, Hassan Lyamani³²⁹ y Lucas Alados
Arboledas³²⁹

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivos identificar y cuantificar los tipos polínicos presentes en Sierra Nevada y su comparativa con los registrados en la ciudad de Granada, estudiando el posible transporte entre el valle y la montaña. El área estudiada corresponde a la zona de influencia de la Sierra Nevada y la ciudad de Granada, España. Del 15 de junio al 27 de septiembre del 2016 se registró diariamente el tipo y concentración del polen utilizando captadores volumétricos tipo Hirst. Los datos obtenidos se consideran representativos ya que se logró analizar entre el 12 y 13% de la muestra, lo cual es superior al 10% recomendado. Se identificaron 22 taxones en Sierra Nevada y 14 en Granada. En Sierra Nevada el polen de *Pinus* presentó la mayor concentración con un total acumulado de 1,788 granos/m³, seguido por *Artemisia* con 1,526 y *Olea* con 1,109 granos/m³, respectivamente. El resto de taxones presentaron concentraciones entre 755 y 2 granos/m³. En Granada el polen de *Olea* tuvo la mayor concentración con un total acumulado de 4,476 granos/m³, seguido por el polen de *Poaceae* y *Parietaria* con 412 y 344 granos/m³, respectivamente. El resto de taxones presentaron concentraciones entre 250 y 2 granos/m³. En general, los taxones presentes corresponden con la vegetación local, sin embargo, en Sierra Nevada el polen detectado de *Olea* podrían deberse a su transporte desde Granada o sus alrededores. La variación diaria de los seis principales taxones (*Pinus*, *Olea*, *Poaceae*, *Artemisia*, *Parietaria*, y *Quercus*), indica que en Sierra Nevada las concentraciones pico se presentaron alrededor de medio día, mientras que en Granada se presentan durante la tarde-noche, excepto el taxón *Quercus* que su pico máximo se presentó en las horas de la madrugada.

³²⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Carretera federal Veracruz - Córdoba, Medellín de Bravo, Ver., México. *uresti.diana@inifap.gob.mx

³²⁸ ²Facultad de Farmacia. Universidad de Granada., Granada, España.

³²⁹ ³Centro Andaluz del Medio Ambiente. Avenida del Mediterráneo, Granada, España.





Palabras clave: polen, taxón, *Olea*, *Pinus*, Sierra Nevada, Granada

Introducción

Hay cinco principales constituyentes de los aerosoles atmosféricos: materiales inorgánicos, especies orgánicas, carbón negro, polvo mineral y partículas biológicas primarias, entre las que se encuentra el polen que se introduce en la atmósfera como partícula primaria. Según el IPCC (2013), los componentes que contribuyen a la carga total de los aerosoles atmosféricos, son por orden de importancia debido a sus cantidades y efectos radiativos: carbono negro con efecto positivo; sulfato, componentes orgánicos, polvo mineral y nitrato con efecto negativo. Las partículas biológicas primarias, como el polen, no son consideradas en esta estimación y aunque no se dan explicaciones, se asume que pudiera ser por su baja participación en la carga total de los aerosoles atmosféricos. Sin embargo, Young *et al.* (2013) encontraron que durante los eventos de máxima emisión de polen en la ciudad de Gwangju en Corea, la carga relativa de polen respecto a la carga total de los aerosoles atmosféricos, varió entre el 2 y 34%, lo que muestra que la influencia del polen puede ser importante en la carga, composición y propiedades ópticas de los aerosoles atmosféricos. Además del efecto que el polen pudiera tener sobre el forzamiento radiativo de la Tierra, este está asociado a varias enfermedades alérgicas, como el asma y la rinitis alérgica (Bachert *et al.*, 2004). La concentración del polen en un lugar determinado no solo depende de las emisiones locales sino que también está relacionada con la situación meteorológica, la evolución de la capa límite planetaria (PBL, por sus siglas en inglés), así como el transporte regional y de larga escala. El polen, pueden jugar un papel importante para neutralizar parte del calentamiento global a través de su efecto negativo en la fuerza radiativa terrestre, sin embargo se desconoce su magnitud. Más aún, como aerosol, se conoce poco sobre sus propiedades ópticas y los mecanismos que regulan su emisión, transporte y concentración en un área dada. El presente trabajo forma parte de la campaña Sierra Nevada Lidar AerOsol Profiling Experiment II (SLOPE II) y tiene como objetivos identificar y cuantificar los tipos polínicos presentes en Sierra Nevada y su comparativa con los registrados en la ciudad de Granada, estudiando el posible transporte entre el valle y la montaña.





Materiales y métodos

Durante el periodo del 15 de junio al 27 de septiembre de 2016, se registró diariamente la concentración del polen en Sierra Nevada y Granada. Para la captura de polen se utilizaron captadores volumétricos tipo Hirst (Hirst, 1952) colocados a 2,500 y 680 m de altitud en Sierra Nevada y la Facultad de Ciencias en Granada, respectivamente. Este equipo es actualmente utilizado en todas las estaciones de muestreo adscritas a la Red Española de Aerobiología (REA). Cada muestra fue analizada siguiendo el protocolo propuesto por la Red Española de Aerobiología (Domínguez *et al.*, 1992; Galán *et al.*, 1994) y la normativa de la European Aeroallergen Network. Para identificar los diferentes tipos polínicos se utilizó como referencia el Atlas Aeropalinológico de España (Trigo *et al.*, 2008) y el Atlas polínico de Andalucía occidental (Valdés *et al.*, 1987). Los datos obtenidos se consideran representativos ya que se logró analizar entre el 12 y 13% de la muestra, lo cual es superior al 10% recomendado. La concentración diaria de polen se expresó en granos de polen/m³ de aire/día, la variación horaria se expresó en porcentaje con relación a la concentración total diaria de polen.

Resultados y discusión

Análisis de los taxones encontrados en Sierra Nevada y Granada

En la Figura 1 se muestra la evolución temporal de la concentración diaria de granos de polen total (granos/m³) registrada en Sierra Nevada y Granada. Las emisiones en Granada son más tempranas, ya que la emisión del polen viene dada por factores meteorológicos, principalmente la temperatura. La respuesta de los árboles de floración primaveral a la temperatura ha sido ampliamente demostrada. El inicio fenológico de la primavera se correlaciona muy bien con la temperatura del aire durante los meses precedentes (Spano *et al.*, 1999; Menzel, 2002).

Se observa que la concentración de polen muestra una gran variación temporal y espacial. De hecho, la concentración diaria de polen en Sierra Nevada varía entre 2 y 454 granos/m³ con un valor medio de 18 ±21 granos/m³ y en Granada varía entre 2 y 609 granos/m³, con un



valor medio de 58 ± 109 granos/m³. Esta gran variabilidad se debe en gran parte a la diferente cobertura de vegetación existente en ambas zonas, con incidencia sobre las emisiones polínicas, pero también se debe a la variabilidad en las condiciones meteorológicas y sinópticas.

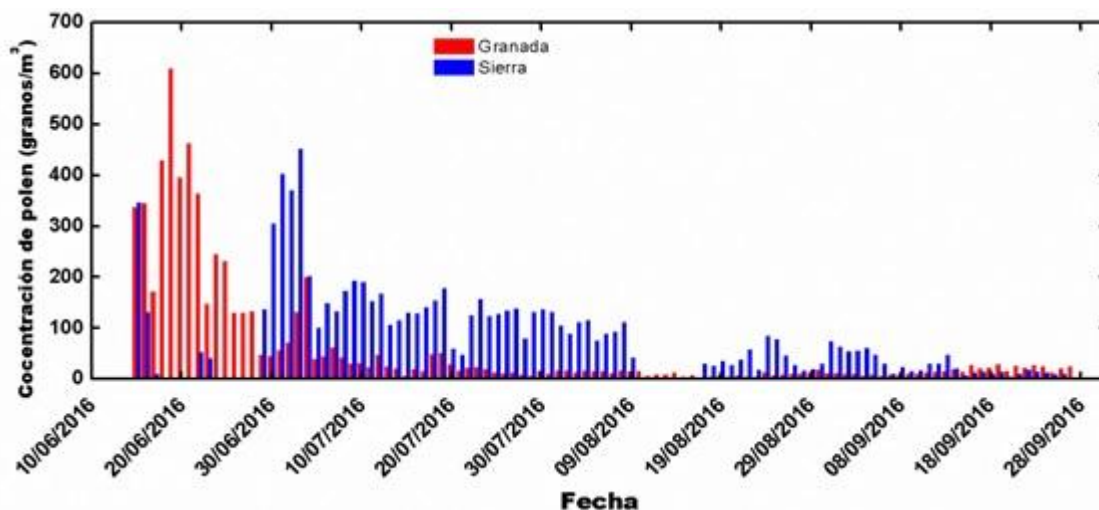


Figura 1. Evolución temporal de la concentración diaria de polen (granos/m³) registrada del 15 de junio al 27 de septiembre del 2016 en Sierra Nevada y Granada.

Las altas concentraciones de polen en Sierra Nevada se han registrado durante el mes de julio y la primera mitad del mes de agosto, alcanzándose la máxima concentración diaria el tres de julio con 454 granos/m³. En Granada, las altas concentraciones de polen se han registrado durante el mes de junio, y la concentración máxima se registró el 19 de junio con 609 granos/m³. En ambos sitios, a partir de la segunda mitad de agosto se observa una disminución significativa en la concentración de polen hasta alcanzar el mínimo de 2 granos/m³ a finales de septiembre. Esta diferencia en los periodos de máxima presencia polínica está condicionada por el diferente desarrollo fenológico de las especies vegetales existentes en ambos sitios, relacionado a su vez con las condiciones climáticas de ambos lugares. La acumulación de horas de calor necesario para que se inicie la floración de las especies y con ello, el periodo reproductivo y de emisión polínica, se alcanza antes en la zona urbana, favorecido por su ubicación a menor altitud y por el fenómeno de “isla de calor urbana” que con frecuencia se registra en la ciudad (García *et al.*, 2010; Montávez *et al.*, 2000). De ahí que mientras que en la ciudad de Granada la mayoría de las plantas presentan

el pico de floración anual en primavera y principios de verano (Díaz de la Guardia *et al.*, 2003), en la Sierra la floración se retrasa hasta principios de julio, periodo en el que las temperaturas son más favorables y se cuenta además con la disponibilidad de agua procedente del deshielo (Cariñanos *et al.*, 2013). Durante los meses de junio y julio y la primera mitad de agosto la mayoría de las plantas están en época de floración por lo que la emisión de polen en ciertos taxones es elevada. (Cariñanos *et al.*, 2013; De Linares *et al.*, 2017). Esta es una de las razones por las cuales el contenido de polen en la atmósfera de Granada es suficiente para causar problemas de alergia en la población durante el verano, debido a que los niveles de polen que se recogen en la ciudad siguen siendo elevados a consecuencia del transporte de polen desde la Sierra (Alba y De la Guardia, 1992; De Linares, 2007). A partir de la segunda mitad de agosto empieza el fin de la época de floración de la mayoría de las plantas por lo que la cantidad de polen empieza a disminuir paulatinamente, registrándose un mínimo hacia finales de septiembre.

El análisis de las muestras permitió identificar 22 taxones (tipos polínicos) en Sierra Nevada y 14 en Granada. En la Figura 2a y b se muestran las concentraciones totales acumuladas de granos de polen por taxón registradas en Sierra Nevada y Granada.

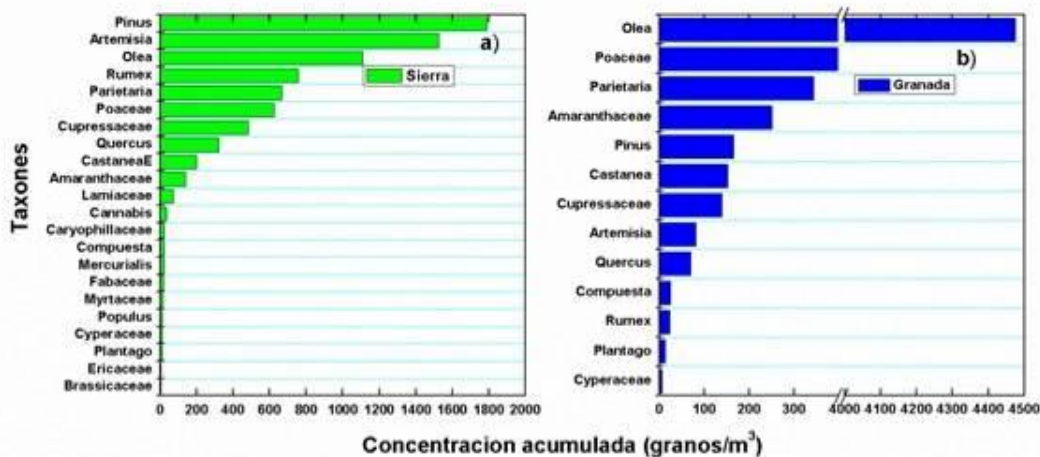


Figura 2. Concentración de granos de polen por taxón encontrados: (a) en Sierra Nevada y (b) Granada.

En el Cuadro 1 se presenta la concentración acumulada de los distintos taxones durante el periodo de muestreo, así como el día de máxima concentración y la concentración para ese día.



De los 22 taxones identificados, 13 de ellos tienen registros frecuentes, tanto en la Sierra como en la ciudad. De ellos, 8 presentaron concentraciones más altas en la Sierra y cinco más altas en la ciudad. Un grupo de 10 taxones sólo fue registrado en la Sierra, en ocasiones de forma esporádica.

Cuadro 1. Concentración de granos de polen/m³ por taxón encontrados en Sierra Nevada y Granada obtenida a partir del acumulado de las concentraciones diarias y día de máxima concentración y el valor del día.

Taxón	Concentración (granos/m ³)		Día de máxima concentración		Valor máximo (granos/m ³)	
	SN	GR	SN	Valor	GR	Valor
<i>Pinus</i>	1788	165	03/07	407	21/06	39
<i>Artemisia</i>	1526	81	31/07	85	11/09	8
<i>Olea</i>	1109	4476	15/06	84	19/06	558
<i>Rumex</i>	755	23	18/07	58	09/08	4
<i>Parietaria</i>	667	344	09/07	53	22/06	16
<i>Poaceae</i>	625	429	02/07	67	15/06	56
<i>Cupressaceae</i>	480	140	15/06	194	26/09	10
<i>Quercus</i>	320	70	07/07	16	21/06	14
<i>Castanea</i>	200	153	08/07	39	21/06	16
<i>Amaranthaceae</i>	139	252	11/09	10	24/09	11
<i>Lamiaceae</i>	71	-	25/07	11	-	-
<i>Cannabis</i>	36	-	11/07	5	-	-
<i>Caryophyllaceae</i>	21	-	05/09	5	-	-
<i>Compuesta</i>	21	25	23/07	3	15/06	7
<i>Mercurialis</i>	19	-	13/07	8	-	-
<i>Fabaceae</i>	19	-	06/09	7	-	-
<i>Myrtaceae</i>	15	-	23/07	3	-	-
<i>Populus</i>	12	-	06/07	3	-	-
<i>Cyperaceae</i>	11	6	10/07	5	18/07	1
<i>Plantago</i>	11	13	06/07	2	05/08	3
<i>Ericaceae</i>	3	-	05/07	1	-	-
<i>Brassicaceae</i>	2	-	15/07	1	-	-

En la estación de Sierra Nevada, el polen de *Pinus* presentó unas concentraciones polínicas muy superiores a los demás taxones, con un total acumulado de 1,788 granos/m³ y una concentración media de 21 ± 63 granos/m³, seguido por el polen de *Artemisia* con un total acumulado de 1,526 granos/m³ y una concentración media de 21 ± 23 granos/m³ (Figura 2a).





Las altas concentraciones de polen de *Pinus* en la estación de Sierra Nevada se atribuyen a que hay individuos de *Pinus* próximos a esta estación y a que *Pinus* es un género de gimnospermas con una producción y emisión polínica muy elevada. En Sierra Nevada, la población de *Pinus sylvestris* se encuentra mayormente entre los 2,000 y 2,200 m de altitud (Cuadro 2), si bien en las proximidades del captador (2,500 m de altitud) existen algunos ejemplares cuyas emisiones pueden contribuir a las concentraciones registradas en la estación de la sierra. Las máximas concentraciones de este polen registrado a finales de junio y en los primeros días de julio, coincidiendo con su época de máxima emisión que abarca desde marzo a julio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tamaño de los siete principales taxones registrados en Sierra Nevada y las características ecológicas de sus fuentes de emisiones.

Especie	Diámetro medio y rango de diámetro(µm)	Ecología	Altura (msnm)
<i>Artemisia</i>	21 ±2 18 - 25	En Sierra Nevada, existen varias especies endémicas, adaptadas a condiciones edáficas y ambientales diferentes. La época de floración es de agosto a diciembre. Es de polinización anemófila.	<i>Artemisia</i> esta distribuida desde los 600 m hasta la mas de 2500 m
<i>Cupressaceae</i>	24 ±3 20 - 30	La mayoría son de floración invernal, las especies que se encuentran en Sierra Nevada son <i>Juniperus communis</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> y <i>Juniperus sibirica</i> tienen su período de floración en verano. La polinización es anemófila.	Crece en altitudes de 2000 - 3400
<i>Olea</i>	21 ±2 18 - 25	Ampliamente distribuido en la Península Ibérica, siendo Andalucía donde hay numerosas hectáreas de la variedad <i>Sylvestris Brot</i> . La época de floración entre mayo y julio. Es de polinización anemófila.	Se desarrollo con normalidad entre 600 - 1000.
<i>Parietaria</i>	14 ±2 13 - 18	Esta ampliamente distribuido en Sierra Nevada y Granada. Florece casi todo el año (de febrero a noviembre) alcanzando máximos niveles en julio y agosto.	Crecen desde el nivel del mar hasta mas de los 1000
<i>Pinus</i>	Eje polar: 43 ±4 38 - 50 Eje ecuatorial: 66 ±4 50 - 70	En Sierra Nevada, la especie más representada es <i>Pinus sylvestris</i> (pino albar). Su época de floración es principalmente de marzo a julio.	Se expande desde el nivel del mar hasta los 2500, según la especie.
<i>Poaceae</i>	30 ±4 23 - 38	En Sierra Nevada, forman ecosistemas tan vulnerables como los borregales, pastizal higrófilo de desarrollo veraniego, dependiente de la disponibilidad del agua de deshielo. Florecen sucesivamente todo el año, presentando máximo entre abril y junio. La polinización es anemófila.	Se cultivan desde el nivel del mar hasta los 1800. pudiéndose encontrar de forma silvestre a altitudes mayores a los 3000
<i>Quercus</i>	Eje polar: 22 ±3 18 - 33 Eje ecuatorial: 26 ±3 25 - 38	Las particulares características de Sierra Nevada, que permite cierta disponibilidad de agua en época estival procedente del deshielo, ha favorecido la presencia en el territorio de algunas poblaciones de <i>Quercus pyrenaica</i> (hoja caduca). La época de floración es a finales de febrero hasta finales de mayo. La polinización es anemófila.	En la península Ibérica se puede encontrar desde los 400 hasta 1500 en Sierra Nevada





En los meses de agosto y septiembre se registraron concentraciones de polen de *Pinus* mucho menores debido a la floración no simultánea de todos los ejemplares o a la re-suspensión de algunas de las cantidades de polen depositadas en el suelo a consecuencia de los fuertes vientos que con frecuencia soplan en la sierra (Pan *et al.*, 2013).

La planta *Artemisia* es un extenso género de plantas herbáceas que está ampliamente distribuida en la Sierra (Cuadro 2). De hecho, existen varias especies de *Artemisia* que son endémicas de Sierra Nevada, adaptadas a condiciones edáficas y ambientales diferentes, algunas de ellas en cotas superiores a los 2,500 m, lo que podría explicar las altas concentraciones del polen de *Artemisia* en la estación de Sierra Nevada. Las especies que componen este género tienen un amplio periodo de floración que abarca desde julio hasta enero (Cariñanos *et al.*, 2013). En este sentido, las máximas concentraciones de este polen se han registrado en Sierra Nevada de julio a septiembre.

La concentración de *Olea* en Sierra Nevada fue alta con un total acumulado de 1,109 granos/m³ y una concentración media de 13 ± 16 granos/m³ alcanzando el máximo de 84 granos/m³ el 15 de junio. Este resultado es algo sorprendente puesto que la principal fuente de polen de *Olea* en la provincia de Granada como en toda Andalucía, son los extensos olivares cultivados, que generalmente se encuentra por debajo de los 1000 m de altitud, al no estar el olivo adaptado a condiciones climáticas donde el número de heladas sea elevado (Bartolozzi y Fontanazza, 1999). Esto apunta a que las elevadas concentraciones de *Olea* registradas en la sierra podrían deberse al transporte de *Olea* desde Granada o sus alrededores dada la existencia de olivares de cierta extensión en el entorno inmediato de la ciudad y en la ladera oeste de la sierra.

En la estación de Granada, el polen de *Olea* tuvo la mayor concentración con un total acumulado de 4,476 granos/m³ y una concentración media de 46 ± 100 granos/m³, seguido por el polen de *Poaceae* con un total acumulado de 412 granos/m³ y una concentración media de 5 ± 7 granos/m³ y el polen de *Parietaria* con 344 granos/m³ acumulados y una concentración media de 4 ± 4 granos/m³. *Olea* es un taxón cuyo foco de emisión (huertos de olivos) se ubican en el entorno de la ciudad de Granada y zonas inferiores a los 1000 m de altitud (Cuadro 2). La temporada de presencia de polen de *Olea* en la atmósfera de Granada se extiende principalmente de abril a julio, con las concentraciones más altas en junio (Díaz





de la Guardia *et al.*, 2003). Esto explicaría las altas concentraciones de este polen registradas en Granada durante el mes de junio.

Poaceae es una familia muy extensa de hierbas anuales y perennes (gramíneas), cuya distribución es cosmopolita; es decir crecen casi en todas partes desde el nivel del mar hasta las zonas montañosas. El periodo de floración de las gramíneas es muy prolongado y se extiende a menudo durante siete a ocho meses debido a que numerosas especies florecen sucesivamente. En función del tiempo atmosférico, la temporada del polen de *Poaceae* más típica en el Mediterráneo corresponde a los meses de mayo y junio (Cuadro 2), teniendo un declive a partir de ese mes a consecuencia de las altas temperaturas y al déficit hídrico característico del Mediterráneo (García *et al.*, 2017). Sin embargo, las características climáticas de la Sierra, más frías en temperaturas y con aporte hídrico estival derivado del deshielo, favorece que un grupo de especies tenga su periodo de floración durante los meses de verano. Estas son las especies formadoras de los conocidos “borreguiles” pastizal psicroxerófilo constituido por especies vivaces, que se desarrollan en los suelos más húmedos. Esto podría explicar las concentraciones relativamente moderadas del polen de *Poaceae* registradas tanto en Granada como en la Sierra y sus valores máximos obtenidos en junio.

Parietaria es un género que pertenece a la familia *Urticaceae* muy frecuente en la región Mediterránea y que tiene preferencia ecológica por los suelos más alterados, tanto urbanos como silvestres. Puede llegar a crecer a más de 1000 m de altitud, lo que demuestra su gran plasticidad ecológica. El género *Parietaria* está ampliamente distribuido en Granada y Sierra Nevada, siendo habitual en la ciudad en los muros calizos de edificios históricos y en la sierra en los suelos alterados con gran contenido en nitrógeno (Alba y De la Guardia, 1992). *Parietaria* se encuentra en flor casi todo el año, concretamente de febrero a noviembre, pero alcanza sus máximos niveles de junio a agosto. Predomina en gran parte de la costa mediterránea, y en cambio, tiene poca trascendencia en el interior de la península (Cuadro 2), lo que podría explicar las moderadas concentraciones registradas de este polen en Granada y la Sierra. Los valores más altos de *Parietaria* se han registrado en junio y julio, coincidiendo con el periodo de máxima floración de los ejemplares que hay en la sierra.

En general, las concentraciones del resto de los taxones registrados en Granada y Sierra Nevada han sido muy bajas en comparación con los taxones ya descritos. Cabe destacar,





que se registraron taxones en Sierra Nevada, que no se registraron en Granada, bien porque la fuente de emisión se encuentra en las proximidades al captador ubicado en el Albergue Universitario (caso del polen de Lamiaceae, que incluye especies de plantas aromáticas bien representadas en la sierra: tomillos, lavandas, sideritis, nepeta) o por el contrario, procede de fuentes ubicadas a larga distancia, como puede ser el caso de *Cannabis*. Aunque es conocido el cultivo de *Cannabis* en algunas zonas de la ciudad, este suele realizarse en habitáculos de interior, por lo que el origen de este tipo polínico podría situarse en las extensas plantaciones existentes en el Rift Marroquí, que son trasladadas hacia la Península ante condiciones meteorológicas favorables. Algunos trabajos han puesto de manifiesto el registro de ciertas cantidades de este polen en el sur peninsular confirmando su origen en las plantaciones del norte de Marruecos mediante el análisis de las retrotrayectorias de las masas de aire (Cabezudo *et al.*, 1997). Estudios realizados en las proximidades de las plantaciones confirman que el periodo de floración de las plantas de *Cannabis* tiene lugar entre los meses de junio y julio (Aboulaich *et al.*, 2013). Se resalta que los taxones encontrados en Sierra Nevada presentaron concentraciones mucho más altas que en Granada, excepto en el caso de *Olea* (Cuadro 1). Este resultado era de esperar puesto que la ciudad de Granada está rodeada de fuentes de polen de *Olea* (el olivo) y la estación de Sierra Nevada está muy lejos de esta fuente, además el viento era proveniente del suroeste por lo cual el polen de *Olea* pudiera provenir de los olivares de la Vega y alrededores.

El análisis de las muestras permitió también determinar el tamaño de los distintos taxones registrados en Sierra Nevada. En el Cuadro 2 se presenta también el rango de tamaños de los siete principales taxones encontrados en Sierra Nevada, los distintos tipos de polen encontrados en Sierra Nevada tienen tamaños muy grandes. El mayor tamaño corresponde a *Pinus* (con diámetros medio 60 μm) y el menor tamaño corresponde a *Parietaria* (con diámetros medio 14 μm). Sin embargo, la mayoría de estos tipos polínicos presentan las denominadas habilidades dispersivas propias de las plantas anemófilas, es decir, adaptaciones morfológicas que le permiten mantenerse bastante tiempo en flotación una vez que son emitidas desde la planta a la atmósfera. Este es el caso de los sacos aeríferos que presenta el grano de polen de *Pinus*, lo que le permite ser transportado a largas distancias desde su fuente de emisión; o la forma esférica y ausencia de ornamentación en la parte externa de la pared polínica para evitar la resistencia al viento, como es el caso de los granos





de polen de las familias *Poaceae* y *Cupressaceae* (Niklas, 1985). Esta adaptación a la anemofilia es lo que podría explicar el transporte de material biológico de unas zonas a otras ubicadas a muy larga distancia (Cecchi *et al.*, 2007), o las variaciones diarias en el contenido polínico a consecuencia de la dinámica atmosférica local (Bryant *et al.*, 1989).

Estudios recientes afirman que las partículas sólidas con diámetros más grandes que 10 μm no están dentro de la fracción respirable por el ser humano y son incapaces de penetrar a la parte respiratoria más baja; sin embargo, es reconocido como uno de los principales agentes de enfermedades relacionadas con la alergia como el asma, la rinitis y el eczema atópico (Esch y Bush, 2003), puesto que el polen, al entrar en contacto con la mucosa, libera alérgenos que pueden penetrar rápidamente en las branquias, provocando síntomas asmáticos (Lewis *et al.*, 1983). Es de importancia resaltar que en países industrializados como los del norte de Europa más del 15% de la población es sensible al polen (WHO, 2003). Por lo que elevadas concentraciones de polen suponen un problema para la sociedad.

Conclusiones

1. De los 22 tipos polínicos identificados en Sierra Nevada, las máximas concentraciones corresponden a *Pinus*, seguido de *Artemisia*, *Olea* y *Poaceae*.
2. El polen de *Olea* también ha sido registrado en Sierra Nevada con cierta frecuencia y con concentraciones relativamente altas, dado que sus fuentes emisoras no se encuentran en las proximidades del captador de la sierra, se infiere que fue transportado desde el valle donde se localiza la mayor fuente de este polen.
3. Las concentraciones de los taxones muestran un claro ciclo circadiano con valores bajos durante la noche y valores máximos entre 10 y 16 GMT. En la sierra, los picos de concentración más altos se registraron en las primeras horas del día, mientras que en la ciudad los registros más altos se registraron por la tarde.
4. El registro de algunas cantidades de granos de polen de especies que no crecen en el entorno de la Sierra ni de la ciudad y sí en las Montañas del Rift Marroquí (*Cannabis*), podría estar relacionado con la llegada de material biológico durante los episodios de intrusión de polvo del Sáhara.
5. Los resultados permiten explicar los datos polínicos que suelen registrarse en la ciudad de





Granada durante el verano, estación en la que aún pueden medirse concentraciones de polen suficientes como para causar síntomas en la población alérgica. Las condiciones climáticas favorables en la Sierra para la floración de plantas, y el posterior transporte de las emisiones de polen a la ciudad, favorecen que el contenido polínico de la atmósfera siga siendo bastante elevado.

Literatura citada

- Aboulaich, N., Trigo, M. M., Bouziane, H., Cabezudo, B., Recio, M., El Kadiri, M. and Ater, M. 2013. Variations and origin of the atmospheric pollen of *Cannabis* detected in the province of Tetouan (NW Morocco): 2008–2010. *Science of the Total Environment* 443:413-419.
- Alba, F. and De la Guardia C. D. 1992. The effect of air temperature on the starting dates of the *Ulmus*, *Platanus* and *Olea* pollen season in the SE Iberian Peninsula. *Aerobiologia* 14:191-194.
- Bachert, C., Vignola, A. M., Gevaert, P., Leynaert, B., Van Cauweberge, P. y Bousquet, J. 2004. Allergic rhinitis, rhinosinusitis, and asthma: one airway disease, *Immunol. Allergy Clin. N. Am.* 24:19-43.
- Bartolozzi, F., and Fontanazza, G. 1999. Assessment of frost tolerance in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 81(3):309-319.
- Bryant, R. B. Emberlin, J. C. and Norris-Hill, J., 1989. Vertical variation in pollen abundance in North-central London. *Aerobiologia* 5:123-137.
- Cabezudo, B., Recio, M., Sánchez- Lulhé, J .M., Trigo, M. M., Toro, F. J. and Polvorinos, F. 1997. Atmospheric transportation of marihuana pollen from North Africa to the Southwest of Europe. *Atmospheric Environment* 31:3323-3328.
- Cariñanos, P., De la Guardia, C., Algarra, J. A., De Linares, C. and Irurita, J. M. 2013. The pollen counts as bioindicator of meteorological trends and tool for assessing the status of endangered species: The case of *Artemisia* in Sierra Nevada (Spain). *Climatic Change* 119:1-15.





- Cecchi, L., Malaspina, T. T., Albertini, R., Zanca, M. and Ridolo, E. 2007. The contribution of long-distance transport to the presence of Ambrosia pollen in central northern Italy. *Aerobiologia*. Springer.
- De Linares, C. 2007. Análisis del polen alergógeno en la ciudad de Granada: Evolución de las concentraciones polínica, actividad alérgica e incidencia en la población atópica. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Díaz de la Guardia, C., Alba, F., Trigo, M., Galán, C., Ruíz, L. and Sabariego, S. 2003. Aerobiological analysis of *Olea europaea* L. pollen in different localities of southern Spain, *Grana* 42(4):234-243.
- Domínguez, E., C. Galán, F. Villamandos and F. Infante. 1992. Handling and evaluation of the data from the aerobiological sampling. Monografías REA/EAN Nº 1. Editado por el Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Córdoba. (D. L.: CO-476-1992).
- Esch, R. and Bush, R. 2003. Aerobiology of outdoor allergens, edited by: Adkinson Jr., N. F., Yunginger, J. W., Busse, W. W., Bochner, B. S., Holgate, S. T. and Simons, F. E. Middleton's allergy principles and practice, 6th Ed. St. Louis, Mosby. p. 529-555.
- Galán, C., Alcazar, P., Domínguez, E., Villamandos, F. and Infante, F. 1994. Airborne pollen grain concentrations at two different heights. *International Journal of Aerobiology* 11:105-109.
- García, M. H., Hernández, C. M. A., Trigo, M. M. and Galán, C. 2017. Wind dynamics' influence on south Spain airborne olive-pollen during African intrusions. *Science of the Total Environment* 609:1340-1348.
- García, M. H., Mestre, A. and Galán, C. 2010. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. *Agricultural Forest Meteorology* 150:575-580.
- Hirst, J. M., 1952. An automatic volumetric spore-trap. *Annals of Applied Biology* 38:257-265.
- IPCC, 2013: Climate change. 2013: The physics basis. Contribution of working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stoker, T., Qin D., Kasper, P.G., Tignor, M. M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgle, P. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA.





- Lewis, W. H., Vinay, P. and Zenger, V. E. 1983. Airborne and allergenic pollen of North America, The Johns Hopkins University Press Baltimore & London. p. 105-127.
- Menzel, A. 2002. Phenology: its importance to the global change community. *Climate Change* 54:379-385.
- Montávez, J. P. O., Rodríguez A. and Jiménez J. I. 2000. A study of the urban heat island of Granada. *International Journal of Climatology* 20:899-911.
- Niklas, K. J. 1985. The aerodynamics of wind pollination. *The Botanical Review* 51(3).
- Pan, Y., Yan, S., Behling, H. and Mu, G. 2013. Transport of airborne *Picea schrenkiana* pollen on the northern slope of Tianshan Mountains (Xinjiang, China) and its implication for paleo environmental reconstruction. *Aerobiologia* 29(2):161-173.
- Spano, D. Cesaraccio, C. Duce, P, and Snyder R. L. 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *Int J Biometeorol* 42:124-133.
- Trigo, M. M., Fernandez-Gonzalez, D., Jato, V. and Galan, C. 2008. Atlas aeropalínológico de España (Aeropalynological Atlas of Spain). Red Española de Aerobiología: Editorial de la Universidad de León. 111.
- Valdés, B., Díez, M. J. and Fernández, I. 1987. Atlas polínico de Andalucía occidental. Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Sevilla, Excma. Diputacion de Cadiz.
- WHO: World Health Organization. 2003: A vision for global health, shaping the future. World Health Report 2003.
- Young M. N., Muller, D., Hanlim, L. and Tae, J. C. 2013. Influence of biogenic pollen on optical properties of atmospheric aerosols observed by lidar over Gwangju, South Korea. *Atmospheric Environment* 69:139-147.





BIOFERTILIZACIÓN DE *Lactuca sativa* L. EN SUELOS ESTERILIZADOS CON EXTRACTOS BOTÁNICOS

Isabel Alemán Chávez³³⁰, Ramón Zulueta Rodríguez³³⁰, Enrique Ángel Núñez Sánchez³³⁰, Carmen
Núñez Camargo³³⁰, Fernando Hernández Baz³³¹, Gerardo Castro Bobadilla³³¹ y Liliana Lara
Capistrán^{332*}

Resumen

El uso cotidiano de productos químicos para esterilizar suelos provoca contaminación ambiental y detrimento de la fertilidad una vez que finaliza el proceso. Sin embargo, existen familias botánicas que contienen compuestos fitoquímicos capaces de combatir plagas y enfermedades, cuya eficacia y reducción del impacto negativo sobre los sistemas de producción de alimentos puede magnificarse en presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). Por ello, el objetivo de este trabajo fue estimar la respuesta de la lechuga orejona (*Lactuca sativa* L.) a la inoculación micorrízica en suelos esterilizados con extractos naturales. El experimento se realizó bajo condiciones de campo, en el rancho agroecológico *El Equimite*, ubicado a 2 km de Coatepec, Veracruz, México. Se evaluaron seis tratamientos: T1: (suelo estéril con extracto de rábano e inoculación con HMA, SECERHMA), T2: (suelo estéril con extracto de rábano sin inoculación con HMA, SECERSHMA), T3: (suelo estéril con extracto de brócoli e inoculación con HMA, SECEBCHMA), T4: (suelo estéril con extracto de brócoli sin inoculación con HMA, SECBSHMA), T5: (suelo sin esterilizar e inoculado con HMA, SSECHMA) y T6: (suelo sin esterilizar y sin inoculación, SSESHMA), cada uno con 25 repeticiones. Se inocularon semillas de lechuga orejona con el consorcio MTZ1-UV y se re-inocularon al momento del trasplante a campo. Las variables evaluadas y ponderadas fueron: altura de la planta, número de hojas, índice verde y porcentaje de colonización radicular. Se realizó un análisis

³³⁰ Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana, campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Ver., México.

³³¹ Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Ver., México.

³³² Centro de Investigación Atmosférica y Ecológica. UPAV. Calle Ravel #33, Colonia Indeco Ánimas, C.P. 91190, Xalapa, Ver., México. *llara_capistran@hotmail.com





de varianza con el software SAS (versión 9.1) para Windows, las medias fueron comparadas por la prueba *DSM de Fisher* ($\alpha= 0.05$). Se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables evaluadas (*DSM de Fisher*, $P\leq 0.05$), siendo SECEBCHMA el mejor tratamiento con incrementos de 22% en altura, 39% en número de hojas, 5% en contenido de clorofila y 78% de colonización radicular. Los resultados revelan lo provechosos que pueden ser los extractos botánicos y los HMA en actividades de producción a pequeña, mediana o gran escala, donde la esterilización del suelo es imprescindible para mejorar la producción de biomasa comercializable de esta especie hortícola.

Palabras clave: isotiocianatos, simbiosis micorrízica, brócoli, rábano

Introducción

La mayor parte de los productores utilizan productos sintéticos para la *desinfección del suelo* o sustrato de las eras o camas de siembra, aun a sabiendas de que el uso inadecuado e intensivo de estos materiales resulta nocivo para el medio físico y biótico. Sin embargo, existen alternativas orgánicas entre las que diversas especies de la familia Brassicaceae destacan por su alto potencial antimicrobiano (Dufour *et al.*, 2015). En este contexto, la literatura especializada resalta la eficacia de los isotiocianatos contenidos en el rábano (*Raphanus sativus* L.) (Monfort *et al.*, 2007; Yim *et al.*, 2016) y en el brócoli (*Brassica oleracea* L.) (Monfort *et al.*, 2007; Sotelo *et al.*, 2015) para eliminar o inactivar agentes patógenos del suelo; además de que sus cualidades biocidas pueden dar lugar a impactos indiferenciados sobre microorganismos que no son el objetivo (Hu *et al.*, 2014). Por ello, se hace indispensable la adición de biofertilizantes que no solo faciliten la nutrición mineral de los cultivos, sino que favorezcan la calidad e inocuidad de la biomasa cosechable sin depender de insumos convencionales para la sostenibilidad de la producción agrícola (Monroy y Peña, 2014). De entre los microorganismos rizosféricos, cuya capacidad para asociarse con las plantas es innata, destacan los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pues estos son capaces de formar una simbiosis funcional con raíces de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en diversos ecosistemas y agroecosistemas, de tal modo





que la identificación de ambos componentes biológicos y comprobación de su sinergia es fundamental para generar procesos agrícolas más productivos y con menor impacto ambiental (Garzón, 2016). El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la inoculación micorrízica en suelos esterilizados con extractos naturales de rábano (*R. sativus*) y brócoli (*B. oleracea*) bajo condiciones de campo.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en el rancho agroecológico El Equimite, ubicado a 2 km a las afueras de Coatepec, Ver., México, en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -96.969167, Latitud (dec): 19.475278 y 1,220 m de altitud.

Diseño experimental y descripción de tratamientos

Se utilizó el diseño de bloques al azar con seis tratamientos: T1: suelo estéril con extracto de rábano e inoculación con HMA (SECERHMA), T2: suelo estéril con extracto de rábano sin inoculación con HMA (SECERSHMA), T3: suelo estéril con extracto de brócoli e inoculación con HMA (SECEBCHMA), T4: suelo estéril con extracto de brócoli sin inoculación con HMA (SECBSHMA), T5: suelo sin esterilizar e inoculado con HMA (SSECHMA) y T6: suelo sin esterilizar y sin inoculación (SSESHMA), con tres bloques y 25 repeticiones dentro de cada uno.

Preparación del terreno

Los tratamientos se establecieron en una superficie de 200 m² subdividida en 18 cuadrantes distribuidos en tres camas de cultivo de 1.20 m de ancho por 20 m de largo. Se dispusieron tres bloques por tratamiento, dentro de cada bloque 25 plantas (unidades experimentales). El deshierbe, afloje y nivelación de las camas se realizó con ayuda de una pala, un rastrillo y un azadón.





Preparación de los extractos botánicos

Las brasicáceas *R. sativus* y *B. oleracea* se compraron en el mercado local. De las primeras se utilizaron las inflorescencias y de las segundas la raíz principal. Los órganos de vida vegetativa elegidos se lavaron con agua corriente, se colocaron sobre papel secante y se picaron. El material fraccionado se pesó en proporciones similares (500 g) y se colocaron en un recipiente con 3 L de alcohol etílico o etanol (C_2H_6O o conservando el OH, C_2H_5OH al 70%). Se dejaron reposar por 30 días con el fin de extraer los compuestos volátiles con potencial fungicida. De la solución obtenida, se filtró y se preparó una solución 'stock' (1:20) extracto:agua, de la cual se preparó la concentración al 0.5% (v/v). Las soluciones se conservaron en frascos ámbar cubiertos con aluminio y en refrigeración hasta el momento de su utilización.

Aplicación de los extractos botánicos

Para la aplicación de los extractos botánicos se utilizaron mochilas de aspersión manual de 15 L. Las aplicaciones comenzaron después de haber preparado el terreno. Este se regó hasta quedar a capacidad de campo, las aplicaciones se realizaron una sola vez y el área tratada se cubrió con plástico negro por 72 h. A continuación, el suelo se destapó y ventiló por espacio de tres días; posteriormente las plántulas de lechuga (*L. sativa*) se trasplantaron y biofertilizaron.

Adición del biofertilizante

La germinación y micorrización de plántulas de lechuga de la variedad orejona se efectuó en cajas de madera que contenían arena de banco e inóculo micorrizógeno (10 g del consorcio MTZ1-UV) y al momento del trasplante a campo (20 días) se re-inocularon con 5 g del biofertilizante por plántula.

Variables de respuesta

Para evaluar con precisión el efecto de la micorrización sobre el crecimiento de las plántulas de *L. sativa*, se registraron las siguientes variables ponderadas: altura de la planta (cm) la cual fue medida con regla graduada a partir de la base hasta el ángulo superior del meristemo apical donde se forman los primordios foliares, número de hojas por conteo





directo, índice verde (IV) determinado con un clorofilómetro CM-1000 (FieldScout Chlorophyll Meter-Spectrum® Technologies, Inc.) que mide la reflectancia foliar en las longitudes de onda de 700 a 800 nm y, la presencia de estructuras micorrizógenas (hifas, arbusculos y/o vesículas) en raíces y/o raicillas de cada tratamiento y repetición, cuantificadas por el método de Phillips y Hayman (1970).

Análisis de suelos

Los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo antes y tras finalizar el experimento se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa, con la asesoría de la M. C. Teresita de Jesús May Mora, utilizando métodos estandarizados y especificaciones en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Análisis estadístico

Se aplicaron pruebas de contraste de la normalidad y gráficos. Luego de comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos, las variables evaluadas se analizaron mediante un ANOVA y se aplicó la diferencia significativa mínima (DSM) de Fisher, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$) con software STATISTICA (versión 9.1 StatSoft Inc., Tulsa, USA) para Windows.

Resultados y discusión

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables evaluadas (DSM de Fisher, $P \leq 0.05$), destacándose la respuesta obtenida con el extracto de brócoli y el consorcio micorrizógeno MTZ1-UV con frecuencia el 78% de colonización radicular, al evidenciar incrementos del 22% en altura (Figura 1), 39% en el número de hojas (Figura 2) y 5% en el contenido relativo de clorofila en las hojas (Figura 3) respecto a las plántulas del tratamiento testigo.



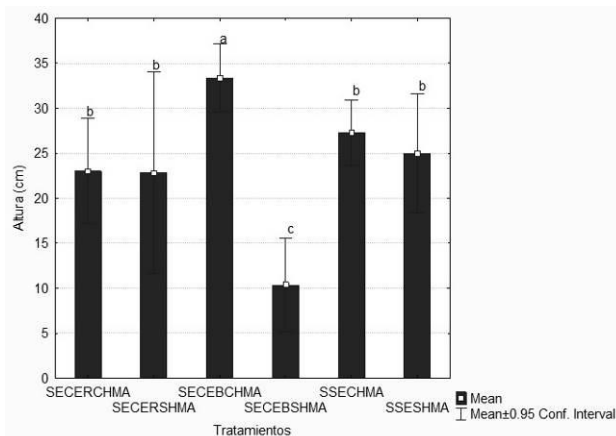


Figura 1. Análisis estadístico para la variable altura de plantas agrupada por tratamiento y evaluada a los 43 días después del trasplante e inoculación. Letras iguales en la misma columna representan igualdad estadística (DSM de Fisher, $P \leq 0.05$).

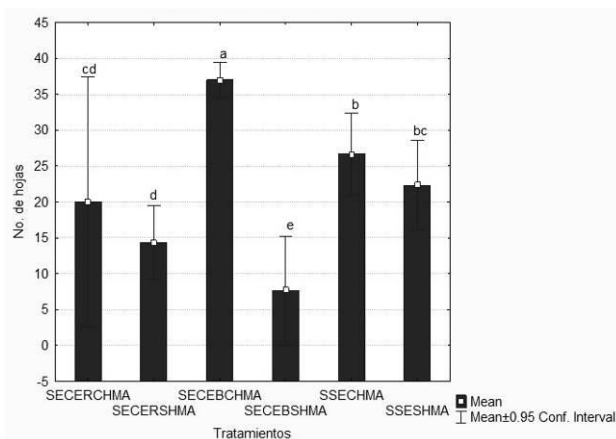


Figura 2. Análisis estadístico para la variable número de hojas agrupada por tratamiento y evaluada a los 43 días después del trasplante e inoculación. Letras iguales en la misma columna representan igualdad estadística (DSM de Fisher, $P \leq 0.05$).

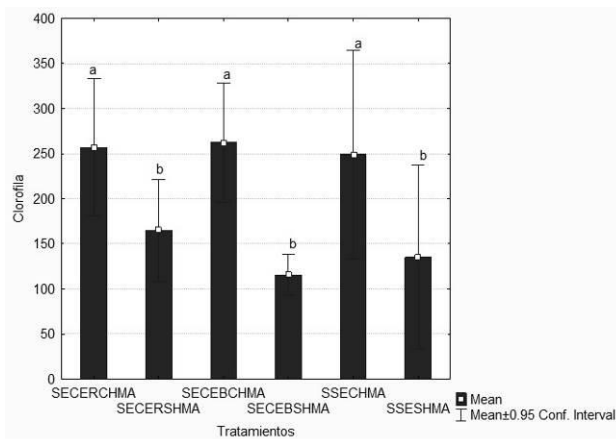


Figura 3. Análisis estadístico para la variable cantidad de clorofila agrupada por tratamiento y evaluada a los 43 días después del trasplante e inoculación. Letras iguales en la misma columna representan igualdad estadística (DSM de Fisher, $P \leq 0.05$).



La respuesta registrada bien pudo deberse en parte al potencial biocida de los isotiocianatos de *B. oleracea* para controlar afectaciones por hongos patógenos (Dunne *et al.*, 2003; Troncoso *et al.*, 2005) y nemátodos (Henderson *et al.*, 2009), también pudo deberse al establecimiento de una simbiosis funcional que inicia con la formación de arbuscumentos, el desarrollo de arbusculos y la simultánea regulación de la captación e intercambio de fosfato micorrizal (Bucher *et al.*, 2014). En la Figura 4 se observan los efectos de la inoculación micorrízica en plantas de lechuga de la variedad orejona; en el Cuadro 1 se presenta el análisis realizado a los suelos de los tratamientos evaluados, matizándose que el tipo de extracto botánico aplicado y los niveles de CE fueron de 2.1, siendo moderadamente salinos a 0.1 muy ligeramente salino.



Figura 4. Efecto de la biofertilización y aplicación de los extractos botánicos de *R. sativus* y *B. oleracea*. Suelo esterilizado con extractos de brócoli e inoculados con HMA (izquierda), suelos esterilizados con extractos de brócoli sin inóculo micorrízico (derecha).

Cuadro 1. Análisis físico y químico del suelo correspondiente a los tratamientos evaluados.

Determinación	Valor referencial antes de montar el experimento	Designación	Valor referencial al finalizar el experimento		Designación	Norma Oficial Mexicana (NOM)
			CEB*	CER**		
Textura	Arena	Migajón	Migajón	Migajón	Moderadamente ácido	NOM-021 RECANT-2000 AS-09 NOM-021- SEMARNAT-2000 AS-02
	Arcilla					
	Limo					
pH (1:2)	5.6	Moderadamente ácido	6.6	6.6	Moderadamente ácido	NOM-021- SEMARNAT-2000 AS-07
Materia orgánica (Walkley-Black)	12.10%	Rico	12.22%	12.33%	Rico	NOM-021- SEMARNAT-2000 AS-07
Nitrógeno inorgánico (NH ₄ + y NO ₃ -)	0.6 mg kg ⁻¹	Pobre	0.6 mg kg ⁻¹	0.6 mg kg ⁻¹	Pobre	NOM-021- SEMARNAT-2000 AS-08



Continúa Cuadro 1...

Determinación	Valor referencial antes de montar el experimento	Designación	Valor referencial al finalizar el experimento		Designación	Norma Oficial Mexicana (NOM)
			CEB [‡]	CER ^{‡‡}		
Fósforo extraíble (Bray P1)	80 mg kg ⁻¹	Rico	50 mg kg ⁻¹	60 mg kg ⁻¹	Rico	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-11
Potasio intercambiable	322 mg kg ⁻¹	Rico	100 mg kg ⁻¹	100 mg kg ⁻¹	Rico	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-12
Calcio intercambiable	14.7 mg kg ⁻¹	Alta	15.8 mg kg ⁻¹	15.99 mg kg ⁻¹	Alta	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-12
Magnesio intercambiable	2.5 mg kg ⁻¹	Mediana	3.5 mg kg ⁻¹	3.5 mg kg ⁻¹	Alta	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-12
C Orgánico (%)	2.24%	Mediano	2.5%	2.6%	Mediano	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-07
C.E. (dS/m)	2.1	Moderadamente salino	0.1	0.1	Muy ligeramente salino	NOM-021-SEMARNAT-2000 AS-19

[‡] CEB, con extracto de brócoli ^{‡‡} CER, con extracto de rábano.

Conclusiones

1. La mejor respuesta se obtuvo utilizando el extracto botánico de brócoli y la biofertilización con el consorcio micorrizógeno MTZ1-UV, lo cual se perfila como una alternativa viable para contribuir al cuidado del suelo y del ambiente, mejorar la cosecha de esta especie hortícola sin la imperativa necesidad de utilizar agroquímicos e incrementar los beneficios económicos del productor.

Agradecimientos

A la Dra. Dora Trejo Aguilar, por la donación del inóculo micorrizógeno MTZ1-UV, al personal del rancho agroecológico *El Equimite* por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio y a la maestra Teresita May Mora, por el apoyo y la asesoría brindadas en el Laboratorio universitario a su digno cargo.





Literatura citada

- Bucher, M., Hause, B., Krajinski, F. and Küster, H. 2014. Through the doors of perception to function in arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytol.* 204(4):833-840.
- Dufour, V., Stahl, M. and Baysse, C. 2015. The antibacterial properties of isothiocyanates. *Microbiol.* 161:229-243.
- Dunne, C. P., Dell, B. and Hardy, G. E. St J. 2003. The effect of biofumigants on the vegetative growth of five *Phytophthora* species *in vitro*. *Acta Hort.* 602:45-51.
- Garzón, L. P. 2016. Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia colombiana. *Luna Azul* 42:217-234.
- Henderson, D. R., Riga, E., Ramírez, R. A., Wilson, J. and Snyder W. E. 2009. Mustard biofumigation disrupts biological control by *Steinernema* spp. nematodes in the soil. *Biol. Control* 48(3):316-322.
- Hu, P., Hollister, E. B., Somenahally, A. C., Hons, F. M. and Gentry, T. J. 2014. Soil bacterial and fungal communities respond differently to various isothiocyanates added for biofumigation. *Front. Microbiol.* 5:729.
- Monroy A., A. y Peña B., J. C. 2014. Biofertilizantes. Sustento de una agricultura orgánica. *Ciencia y Desarrollo*. <http://www.cienciaydesarrollo.mx/?p=home&id=552> [consultado el 29 de junio de 2018].
- Monfort, W. S., Csinos, A. S., Desaegeer, J., Seebold, K., Webster, T. M. and Díaz-Perez, J. C. 2007. Evaluating *Brassica* species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plasticulture. *Crop Prot.* 26(9):1359-1368.
- Phillips, J. M. and Hayman D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55:158-161.
- Sotelo, T., Lema, M., Soengas, P., Cartea, M. E. and Velasco, P. 2015. *In vitro* activity of glucosinolates and their degradation products against *Brassica*-pathogenic bacteria and fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 81:432-440.





- Troncoso, R., Espinoza, C., Sánchez-Estrada, A., Tiznado, M. E. and García, H. S. 2005. Analysis of the isothiocyanates present in cabbage leaves extract and their potential application to control *Alternaria* rot in bell peppers. *Food Research International* 38(6):701-708.
- Yim, B., Hanschen, F. S., Wrede, A., Nitt, H., Schreiner, M., Smalla, K. and Winkelmann, T. 2016. Effects of biofumigation using *Brassica juncea* and *Raphanus sativus* in comparison to disinfection using Basamid on apple plant growth and soil microbial communities at three field sites with replant disease. *Plant and Soil* 406(1-2):389-408.





REGENERACIÓN *In vitro* DE BROTES DE ESTEVIA (*Stevia rebaudiana* B.) UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS DE PLATA

Celia Guadalupe Castro González³³³, Jericó Jabín Bello Bello³³⁴, Mariana González Torres³³³, Nina Bogdanchikova³³⁵ y Fernando Carlos Gómez Merino^{333*}

Resumen

Las nanopartículas de plata (NPsAg) pueden ser utilizadas a bajas dosis para promover cambios fisiológicos y bioquímicos benéficos en plantas, también conocido como efecto hormético. La respuesta hormética de NPsAg y la evaluación en el contenido de clorofila sobre la regeneración *in vitro* de estevia (*Stevia rebaudiana* B.) fue evaluada utilizando un sistema de inmersión temporal (BIT[®]) para la etapa de multiplicación. Brotes regenerados *in vitro* fueron cultivados en medio de Murashige y Skoog (MS) suplementado con diferentes concentraciones de NPsAg (0, 12.5, 25, 50, 100 y 200 mg/L). Se evaluó la regeneración de brotes y longitud, parámetros utilizados para determinar la respuesta hormética. Mediante espectrofotometría, se determinó el contenido de clorofila a, b y total en plántulas expuestas a las diferentes dosis de NPsAg después de 30 días de cultivo. Los resultados mostraron un aumento significativo ($P \leq 0.05$) del crecimiento en la aplicación de 12.5, 25 y 50 mg/L de NPsAg, mientras que la inhibición significativa se detectó a 200 mg/L de NPsAg. Se observó que el tratamiento testigo y 200 mg/L no mostraron diferencias en la longitud de brotes por explante. A partir de la dosis de 50 mg/L se obtuvo un incremento en la clorofila a, b y total. Sin embargo, los contenidos de clorofila a, b y total mostraron diferencias significativas en la dosis de 200 mg/L respecto al tratamiento testigo. Los resultados reflejan un efecto hormético al aumentar la regeneración de brotes de estevia aplicando bajas dosis de NPsAg. Además, el aumento en los pigmentos fotosintéticos en dosis altas de NPsAg, pueden reflejar una activación del sistema de defensa en plantas de estevia. El uso de NPsAg (Argovit[™]) en la

³³³ Colegio de Postgraduados campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94946. * fernandg@colpos.mx

³³⁴ CONACYT - Colegio de Postgraduados campus Córdoba. Carretera federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94946.

³³⁵ Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Nanociencias y Nanotecnología. Carretera Tijuana-Ensenada km 107, Ensenada, Baja California Norte, México. C. P. 22800.





micropropagación de estevia (*Stevia rebaudiana* B.) *in vitro* demostró tener un efecto hormético, generando cambios en los pigmentos fotosintéticos en plantas tratadas, lo cual da idea del daño fitotóxico que está ocurriendo en las exposiciones a altas dosis.

Palabras clave: biorreactores, hormésis, nanopartículas de plata, clorofila

Introducción

Entre todos los nanomateriales, las nanopartículas de plata (NPsAg) son las más utilizadas debido a sus propiedades antimicrobianas y horméticas (Meyer *et al.*, 2009; Wijnhoven *et al.*, 2009; Bello-Bello *et al.*, 2017). La respuesta de hormésis se caracteriza por estimular el desarrollo a bajas dosis y una inhibición a dosis altas. En plantas, las NPsAg han sido utilizadas para promover la germinación, aumentar rendimientos e incrementar atributos fisiológicos como lo son: altura de plantas, longitud de raíces e incrementos de rendimientos (Ahmed *et al.*, 2016). A la fecha se han demostrado muchos aspectos de sus propiedades para controlar la contaminación microbiana, pero el mecanismo de acción de las NPsAg no se ha elucidado totalmente (Arab *et al.*, 2014). Se ha demostrado que en algunas especies vegetales las NPsAg aumentaron perfiles de crecimiento en plantas (longitud de brotes y raíces, área foliar) y perfiles bioquímicos (contenido de clorofila, carbohidratos, proteínas y enzimas antioxidantes) (Salama, 2012; Sharma *et al.*, 2012). Dados los beneficios que pueden generar las NPsAg, estas podrían ser efectivas dentro de áreas como la biotecnología vegetal específicamente en el Cultivo Tejidos Vegetales (CTV), en la producción masiva de plantas de interés comercial. Para reducir el trabajo requerido y aumentar la eficiencia, los Sistemas de Inmersión Temporal (SIT) se han utilizado dentro del CTV con éxito para mejorar la multiplicación *in vitro* de plantas como estevia (*Stevia rebaudiana* B.) (Ramírez *et al.*, 2016; Vives *et al.*, 2017). Sin embargo, se presentan obstáculos metodológicos, como es la contaminación en cultivos *in vitro*. Este problema afecta los procesos de producción de vitroplantas en laboratorios comerciales, lo cual puede ser controlado al aplicar NPsAg dadas sus propiedades biocidas en contra de más de 500 agentes patógenos incluyendo virus, bacterias y hongos (Bryzgunov *et al.*, 1964). Por lo





tanto, el uso de NPsAg puede reducir el uso de antibióticos y con ello la generación de resistencia en los organismos controlados. Es importante conocer los efectos que pueden generar la aplicación de NPsAg en especies de interés comercial como la estevia. El presente trabajo tiene como objetivo determinar la respuesta de plantas de estevia multiplicadas mediante SIT e identificar los cambios en el desarrollo y contenido de clorofila en plantas expuestas a diferentes concentraciones de NPsAg.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Posgraduados Campus Córdoba, ubicado en la Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Se realizó durante el periodo comprendido de agosto de 2017 a marzo de 2018. El laboratorio cuenta con certificación fitosanitaria expedida por el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) Certificado: 01-016-2/COLPOS/2018, por dos años 2018-2020. Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y estevia (*Stevia rebaudiana* B.) de la variedad Morita II libres de plagas y enfermedades.

Nanopartículas de plata

Las NPsAg utilizadas fueron proporcionadas por el Centro de Nanociencias y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNyN-UNAM). El nombre comercial de estas nanopartículas es Argovit™, las cuales están recubiertas por un polímero de Polivinilpirrolidona (PVP) como estabilizador y su tamaño promedio oscila entre 35 ± 15 nm. Tales nanopartículas de forma esférica se utilizaron en la presentación de 20%, con un contenido de plata metálica al 1.2%.

Material vegetal y efecto de NPsAg durante la multiplicación *in vitro*

Se utilizó estevia (*Stevia rebaudiana* B.) de la variedad morita II, obtenida de las plantas madres en el Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Se realizó una introducción del





material vegetal y posteriormente se llevaron a cabo dos subcultivos *in vitro* en medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962). Se seleccionaron 10 explantes nodales de 2 y 3 cm de longitud y se colocaron en los SIT. Los SIT contenían cinco diferentes concentraciones de NPsAg y un testigo (0, 12.5, 25, 50, 100 y 200 mg/L) en medio de cultivo MS. El pH de los medios de cultivo fue ajustado a 5.8 con hidróxido de sodio 0.1 N el cual se esterilizó en autoclave (FE-299 Felisa®, México) por 15 minutos a 120°C. Finalmente, los tratamientos fueron incubados a 24 ± 2 °C y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa con un fotoperiodo de 16 h luz y 8 de oscuridad. Después de 30 días de cultivo se evaluó el número de brotes por explante, longitud de brote por explante. El experimento se realizó por triplicado.

Determinación de clorofila

Se tomaron 250 mg de muestra de tejido de estevia por triplicado, provenientes de los seis tratamientos con NPsAg. El material vegetal que incluyó hojas y tallos se maceró finamente. Las muestras se recubrieron con aluminio para evitar el paso de la luz a la muestra. Posteriormente, se añadieron 2.5 mL de acetona. Después de dejar reposar las muestras en condiciones de refrigeración, se preparó un embudo, posteriormente utilizando papel filtro se llevó a cabo la filtración del material para continuar con una segunda maceración. Finalmente, el extracto obtenido de la muestra se aforó a 6.25 mL utilizando acetona al 80%. Utilizando un Espectrofotómetro (Genesys 10S, Thermo Scientific, MA, USA) se midió la absorbancia a 663 nm (clorofila a), 645 nm (clorofila b) y finalmente, se determinó el contenido de clorofila a, b y total.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. El análisis estadístico se realizó por ANOVA de una vía y los medios se compararon con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) usando SPSS v. 22 para Windows. La transformación de Arcoseno se realizó para los datos experimentales tomados en porcentajes antes de someterlos a análisis estadístico.





Resultados y discusión

Efecto de NPsAg durante la multiplicación *in vitro* de estevia

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las diferentes concentraciones de NPsAg para las variables evaluadas a los 30 días de cultivo *in vitro* en SIT (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de Argovit™, en la multiplicación *in vitro* de estevia (*Stevia rebaudiana* B.) en Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT).

NPsAg (mg/L)	No. De brotes/explante	Longitud de brote (cm)
0	6.23 ± 0.24^{bc}	2.00 ± 0.05^c
12.5	12.20 ± 0.78^a	2.82 ± 0.08^b
25	11.90 ± 0.51^a	3.42 ± 0.10^a
50	10.65 ± 0.63^a	3.52 ± 0.10^a
100	7.73 ± 0.48^b	2.63 ± 0.06^b
200	5.59 ± 0.18^c	2.26 ± 0.06^c

Los promedios \pm error estándar dentro de una columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) a los 30 días de cultivo *in vitro*.

El mayor número de brotes por explante (12.20 ± 0.78) y mayor longitud del brote (3.52 ± 0.10) se obtuvieron en el tratamiento con la concentración de 12.5 mg/L y 50 mg/L de NPsAg, respectivamente. El efecto favorable de las NPsAg a bajas dosis sobre el desarrollo de plantas se ha observado anteriormente por Najafi y Jamei (2014) en donde reportaron que dosis de 50 mg/L de NPsAg aumentó el peso fresco y la longitud de raíz en frijol mungo (*Vigna radiata*). Homae y Ehsanpour (2015), informaron que 2 mg/L de NPsAg con diámetro de 20 nm y polivinilpirrolidona (PVP) como estabilizador (US Investigación nanomateriales, Inc. Houston, TX EE.UU.) mejoraron parámetros de crecimiento tales como peso seco, longitud de la raíz y el área foliar en papa (*Solanum tuberosum*). Sin embargo, las NPsAg mostraron toxicidad a los 10 y 20 mg/L de concentración. Esto coincide con lo reportado en este trabajo, en donde el tratamiento de 200 mg/L mostró significativamente el menor número de brotes por explante con 5.59 ± 0.18 , lo cual refleja que altas dosis de NPsAg inhiben el desarrollo de los brotes de estevia. Sin embargo, los tratamientos testigos también mostraron un valor menor para número y longitud de brotes por explante con (6.23 ± 0.24) y ($2.00 \pm$





0.05), respectivamente. Estudios en plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*) utilizando NPsAg esféricas en concentraciones de hasta 60 mg/L aumentaron longitud de raíz, peso fresco y seco, área de la hoja, contenido de clorofila y carbohidratos, pero estos parámetros disminuyeron utilizando 80 y 100 mg/L de NPsAg (Salama, 2012). Esto sugiere que existe un efecto hormético, inducido por la dosis respuesta de las NPsAg adicionadas al medio de cultivo como lo es en el caso de estevia.

Efecto de Argovit™ en el contenido de clorofila

El contenido de clorofila a, b y total mostraron diferencias significativas entre las concentraciones de NPsAg evaluadas (Figura 1).

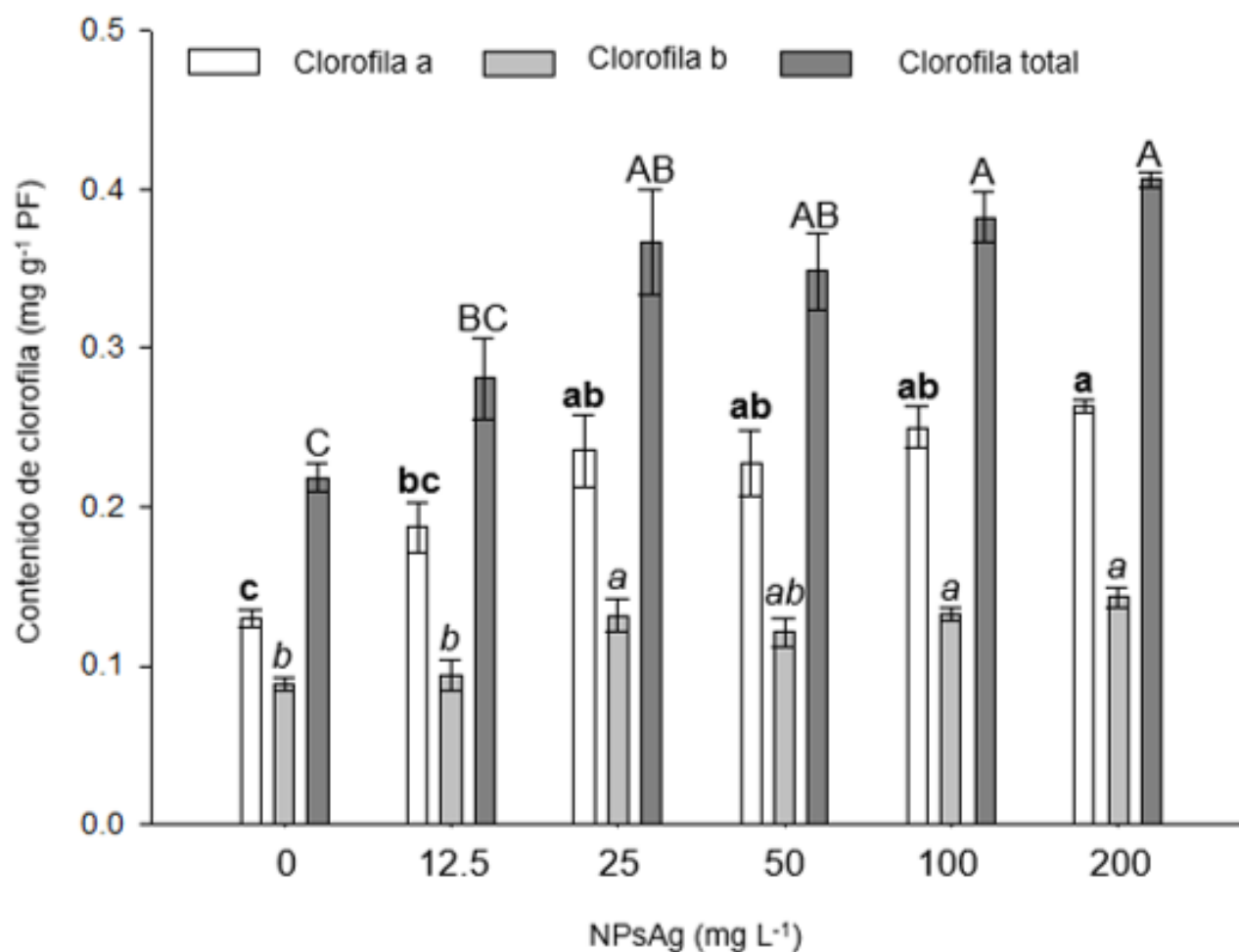


Figura 1. Contenido de clorofila en estevia (*Stevia rebaudiana* B.) después de la exposición a diferentes concentraciones de Argovit. Medias \pm error estándar con distinta letra indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey; $P \leq 0.05$).





De manera general, se observó un incremento en el contenido de clorofilas a partir de 50 mg/L. La clorofila b en el tratamiento control obtuvo un menor valor numérico con 0.08 mg/g FW mientras que la adición de 200 mg/L de Argovit mostró un resultado de 0.14 mg/g FW. Las mayores diferencias se encontraron en el contenido total de clorofila y el contenido de clorofila a. En este estudio, utilizando 50 mg/L de NPsAg, se observaron 0.22, 0.12 y 0.39 mg/g FW en clorofila a, b y total, respectivamente. En frijol mungo se observó que los AgNP a 50 mg/L aumentaban drásticamente el contenido de clorofila, clorofila a y b (Najafi y Jamei, 2014). La eficiencia fotosintética es un parámetro conveniente para detectar el estrés inducido por factores bióticos y abióticos y al mismo tiempo la alteración en la actividad fotosintética produce estrés oxidativo en las plantas (Rico *et al.*, 2015). Además, el número de hojas (Lee *et al.*, 2010) y el contenido de clorofila (Parsons *et al.*, 2010) de plantas expuestas, se han incluido dentro de los criterios importantes para evaluar fitotoxicidad en plantas. Recientemente, Spinoso-Castillo *et al.* (2017) y Bello-Bello *et al.* (2017) reportan que el aumento en el contenido de pigmentos fotosintéticos en brotes tratados con NPsAg, puede deberse al aumento encontrado de N, Mg y Fe, ya que estos elementos están asociados a la biosíntesis de clorofila. El N es esencial en moléculas como clorofila, proteínas, ácidos nucleicos, el magnesio es necesario para las reacciones que involucran trifosfato de adenosina y se encuentra en el resto de porfirina de la molécula de clorofila, mientras que el Fe es importante en el grupo catalítico para las enzimas redox (Hopkins y Huner, 2004). Por lo tanto, con los resultados obtenidos en este trabajo, al observar que la adición de 200 mg/L de NPsAg a los medios de cultivo, aumentó drásticamente los contenidos de clorofila, es posible que se demuestre la activación de los mecanismos de defensa de las plantas de estevia. Además, es viable asumir que a altas dosis de NPsAg pueda existir fitotoxicidad, mismo que se ve reflejado al disminuir las longitudes y números de brotes por explante.

Conclusiones

1. El uso de NPsAg (Argovit™) en la micropropagación de estevia (*Stevia rebaudiana* B.) *in vitro* demostró tener un efecto hormético aumentando en desarrollo a bajas concentraciones de NPsAg y una inhibición a altas concentraciones. 2. La cuantificación de





pigmentos fotosintéticos en plantas tratadas con NPsAg puede mostrar evidencia del daño fitotóxico que ocurre en las exposiciones a altas dosis. 3. Esta investigación abre amplias perspectivas para la aplicación de este tipo de NPsAg en CTV.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado y a la Red Internacional de Bionanotecnología con impacto en medicina, biomedicina, alimentación y bioseguridad. Número de registro C5000/070/2018.

Literatura citada

- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L. and Ikram, S. 2016. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise. *J. Adv. Res.* 7(1):17-28.
- Arab, M. M., A. Yadollahi, M. Hosseini M. and S. Bagheri. 2014. Effects of antimicrobial activity of silver nanoparticles on in vitro establishment of G x N15 (hybrid of almond x peach) rootstock. *Journal Genetic Engineering* 12:103-110.
- Bello-Bello, J. J., Chavez S. R. A., Lecona G. C. A., Bogdanchikova N., Salinas R. J., Gómez M. F. C. and Pestryakov, A. 2017. Hormetic response by silver nanoparticles on *in Vitro* multiplication of sugarcane (*Saccharum* spp. Cv. Mex 69-290) using a temporary immersion system. *Dose-Response* 15(4).
- Bryzgunov, V. S., Lipin, V. N. and V. R. Matrosov. 1964. Comparative evaluation of bactericidal properties of silver water and antibiotics on pure cultures of microbes and their associations. *Kazan Medical Institute* 14:121-122.
- Homaee, M. B. and A. A. Ehsanpour. 2015. Physiological and biochemical responses of potato (*Solanum tuberosum*) to silver nanoparticles and silver nitrate treatments under in vitro conditions. *Indian J. Plant Physiol.* 20(4):353-359.





- Hopkins, W. G. and N. P. A. Huner. 2004. Introduction to plant physiology. New York: John Wiley and Sons. Inc.
- Lee C., S. Mahendra and K. Zodrow. 2010. Developmental phytotoxicity of metal oxide nanoparticles to *Arabidopsis thaliana*. Environ. Toxicol. Chem. 29:669-675.
- Meyer, D. E., M. A. Curran and M. A. Gonzalez. 2009. An examination of existing data for the industrial manufacture and use of nanocomponent sand their role in the life cycle impact of nanoproducts. Environ. Sci. Technol. 43:1256-1263.
- Murashige, T. and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473-497.
- Najafi, S. and R. Jamei. 2014. Effect of silver nanoparticles and $Pb(NO_3)_2$ on the yield and chemical composition of mung bean (*Vigna radiata*). J. Stress Physiol. Biochem. 10:316-325.
- Parsons, J., M. Lopez and C. Gonzalez. 2010. Toxicity and biotransformation of uncoated and coated nickel hydroxide nanoparticles on mesquite plants. Environ Toxicol Chem. 29:1146-1154.
- Ramírez, M. M. A., A. L. Iglesias, M. C. Ramírez and R. E. U. Hernández. 2016. Micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bert. in temporary immersion systems and evaluation of genetic fidelity. South S. African J. Bot. 106:238-243.
- Rico, C. M., J. R. Peralta-Videa and J. L. Gardea-Torresdey. 2015. Chemistry, biochemistry of nanoparticles, and their role in antioxidant defense system in plants. In Nanotechnology and Plant Sciences 1-17.
- Salama, H. M. H. 2012. Effects of silver nanoparticles in some crop plants, common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). Int. Res. J. Biotech. 3(10):190-197.
- Sharma, P., D. Bhatt., M. G. Zaidi., P. P. Saradhi., P. K. Khanna and S. Arora. 2012. Silver nanoparticle mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*. Appl. Biochem. Biotechnol. 167:2225-2233.
- Spinoso-Castrillo, J. L., S. R. A Chavez, N. Bogdanchikova, J. A. Perez-Sato, V. Morales-Ramos and J. J. Bello-Bello. 2017. Antimicrobial and hormetic effects of silver nanoparticles on in vitro regeneration of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 129(2):195-207.





- Vives, K., I. Andújar, J. C. Lorenzo, O. Concepción, M. Hernández and M. Escalona. 2017. Comparison of different *in vitro* micropropagation methods of *Stevia rebaudiana* B. including temporary immersion bioreactor (BIT®). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 131(1):195-199.
- Wijnhoven, S.W.P., W. J. G. M. Peijnenburg, C. A. Herberts, W. I. Hagens, A. G. Oomen and E. H. W. Heugens. 2009. Nano silver a review of available data and knowledge gaps in human and environmental risk. *Nanotoxicology* 3:109-13.





DETERMINACIÓN DE TAMAÑO ÓPTIMO DE YEMAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS ARTIFICIALES

Raymundo Hernández Espinoza^{336*}, Jericó Jabín Bello Bello³³⁶, Maurilio Mendoza Mexicano³³⁷ y
Fernando Carlos Gómez Merino³³⁸

Resumen

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo agroalimentario de gran importancia en la provisión de alimentos e insumos para la industria sucroquímica y bioenergética. En México, actualmente existen 51 ingenios azucareros, de los cuales 22 se localizan en el estado de Veracruz. Esto lo ubica como el mayor productor de azúcar del país, con gran potencial de mejorar sus rendimientos. La siembra de la semilla artificial es una opción viable para el establecimiento de semilleros básicos de caña de azúcar. El objetivo de este trabajo fue determinar el tamaño óptimo de yemas de caña de azúcar para la producción de semillas artificiales. Se utilizaron plantas de ocho meses de desarrollo obtenidas *in vitro* en un laboratorio certificado por el servicio de Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Se evaluó el efecto de diferentes longitudes de entrenudos (1, 2.5 y 5 cm) sobre las variables de desarrollo: longitud de plántula, número de hojas, longitud de raíces. El diseño experimental fue completamente al azar. El experimento se efectuó por triplicado y se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo con Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados obtenidos mostraron que las yemas de 5 cm de longitud tuvieron un efecto favorable sobre las variables de desarrollo evaluadas; mientras que las yemas de 1 cm mantuvieron un desarrollo lento y menos vigoroso. En todos los tratamientos, se obtuvo de un 99 a 100% de germinación de las yemas. Se determinó que el tamaño óptimo de yemas de caña de azúcar cv. IMMEX 98-64 para la producción de semillas artificiales es de 5 cm. Con estos resultados, será posible a mediano plazo desarrollar un

³³⁶ CONACYT - Colegio de Postgraduados campus Córdoba. Carretera federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94946

³³⁷ ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CIR Golfo Centro.

³³⁸ ³Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94946. * fernandg@colpos.mx





sistema de semilla artificial utilizada para el mejor aprovechamiento de semilleros básicos y así reducir la cantidad de material vegetal utilizado.

Palabras clave: biotecnología, vitroplantas, semilla artificial, germinación

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo de gran importancia en la provisión de alimentos e insumos para la industria del azúcar y la cogeneración de bioenergías a nivel mundial, debido a la gran captación económica que reviste (Córdova *et al.*, 2004). La caña de azúcar se cultiva principalmente para producir azúcar, etanol y subproductos. Su producción representa aproximadamente el 70% del azúcar mundial, por lo que es un cultivo importante en las regiones tropicales y subtropicales de muchos países (Sawant *et al.*, 2014). Su importancia económica radica en tres atributos: es una especie altamente productiva, es muy eficiente en el uso de insumos y recursos (suelo y agua) y puede ser procesada para generar productos con valor agregado como azúcar, melazas, etanol y energía (Gómez-Merino *et al.*, 2014). En México se cultiva en 14 estados, entre los cuales Veracruz sobresale como el principal productor con más de 287,000 ha (SIAP, 2016). Desde hace algunos años, esta actividad agrícola se enfrenta a múltiples factores que le impiden expresar su máximo potencial. Algunos de ellos se relacionan con la falta de innovaciones tecnológicas como el uso de riego, fertilización, mecanización, uso de variedades mejoradas adaptadas a las regiones productoras y la producción de semilla certificada. De acuerdo con Flores (2001) y Lal *et al.* (2001), las variedades de caña de azúcar envejecen a lo largo de los años, perdiendo su poder productivo, que puede deteriorarse y finalmente desaparecer del cultivo comercial. Debido a esta problemática, surge la tecnología de las semillas artificiales, la cual describe generalmente a una semilla vegetativa encapsulada con una cubierta sintética que lo protege del ambiente y de los daños mecánicos; además de ser lo suficientemente blando para permitir la germinación y permitir el intercambio gaseoso para la respiración (Morales y Cano, 2012).





A mediano plazo se prevé desarrollar la semilla artificial de caña de azúcar de la variedad IMMEX 98-64, la cual consiste en un trozo de tallo de caña de azúcar de 50 mm de longitud con una yema, desinfectada y encapsulada con alginato de sodio. Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar el tamaño óptimo de yemas de caña de azúcar para la producción de semillas artificiales.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante el periodo marzo-junio de 2018 en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Posgraduados, campus Córdoba, ubicado en la Carretera federal Córdoba-Veracruz km 348, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. Este laboratorio cuenta con certificación fitosanitaria para la producción *in vitro* de caña de azúcar por el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) Certificado No. 01-016-2/COLPOS/2018. Esta certificación acredita al laboratorio para la micropropagación de plántulas libres de plagas y enfermedades manteniendo las buenas prácticas de laboratorio y cuidados con el medio ambiente mediante normas de seguridad e higiene.

Material vegetal

Los explantes iniciales fueron plantas *ex vitro* de ocho meses obtenidas de plantas madres de la variedad de caña IMMEX 98-64 localizadas en el banco de germoplasma del Colegio de Postgraduados, campus Córdoba. El material vegetal tenía 24 horas de corte.

Determinación del tamaño de la semilla

Para determinar el tamaño óptimo de la semilla vegetativa de caña de azúcar la variedad IMMEX 98-64 se utilizaron tres parámetros de medida las cuales fueron 1.0, 2.5 y 5.0 cm de longitud del tallo que contenía una yema. Se procedió a cortar en una sierra eléctrica marca DeWALT modelo DW20d1, se utilizaron 30 yemas por cada uno de los tratamientos. Posteriormente, las yemas se lavaron durante 10 min con jabón neutro. Se llevaron a un tratamiento de termo-hidrotermoterapia a 50°C por 30 minutos en un baño maría digital





marca VWR y se procedió a sumergir las yemas en una solución de fungicida Captan ultraR y bactericida AgrimicinR 1:1 mL L-1 durante 20 minutos. Una vez concluida la inmersión se sembraron en charolas de polietileno conteniendo turba como sustrato. Finalmente, se realizaron seis evaluaciones de crecimiento con intervalos de cinco días. Se evaluaron las variables morfológicas las cuales fueron longitud de brote, número de hojas, longitud de raíces y número de raíces.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar. El experimento se realizó por triplicado. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Los datos se procesaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 22 para Windows.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Esta diferencia indica que el tamaño de yema influye sobre las variables de desarrollo evaluadas (Figura 1).

La mayor longitud de brote se obtuvo en 5 cm con 69.9 cm, seguido del tratamiento de 2.5 cm el cual registró 53.5 cm de longitud. La menor longitud de brote se obtuvo con el tratamiento de 1 cm, con 39.3 cm de longitud. En cuanto a la variable número de hojas, la mayor cantidad registrada se obtuvo con 5 cm, obteniendo un total de 6.6 hojas, seguido del tratamiento de 2.5 cm de tamaño de yema, con un total de 3.7 hojas. El tratamiento con menor cantidad de hojas fue en yemas de 1 cm, con 3.7 hojas. Respecto a la longitud de raíces, el tratamiento con raíces más profundas fue en yemas de 5 cm, obteniendo raíces en promedio de 34.86 cm de longitud, seguido de 2.5 con 25.3 cm de longitud de raíces; el tratamiento de yemas de 1 cm presentó la menor longitud de raíces, con 12.36 cm. Para la variable número de raíces, el tratamiento con mayor número de raíces fue en yemas de 5 cm, con 456.23 raíces, seguido de yemas de 2.5 cm, con 317.73 raíces. El tratamiento con menor número de raíces se obtuvo en yemas de 1 cm, obteniendo 81.7 raíces en promedio.



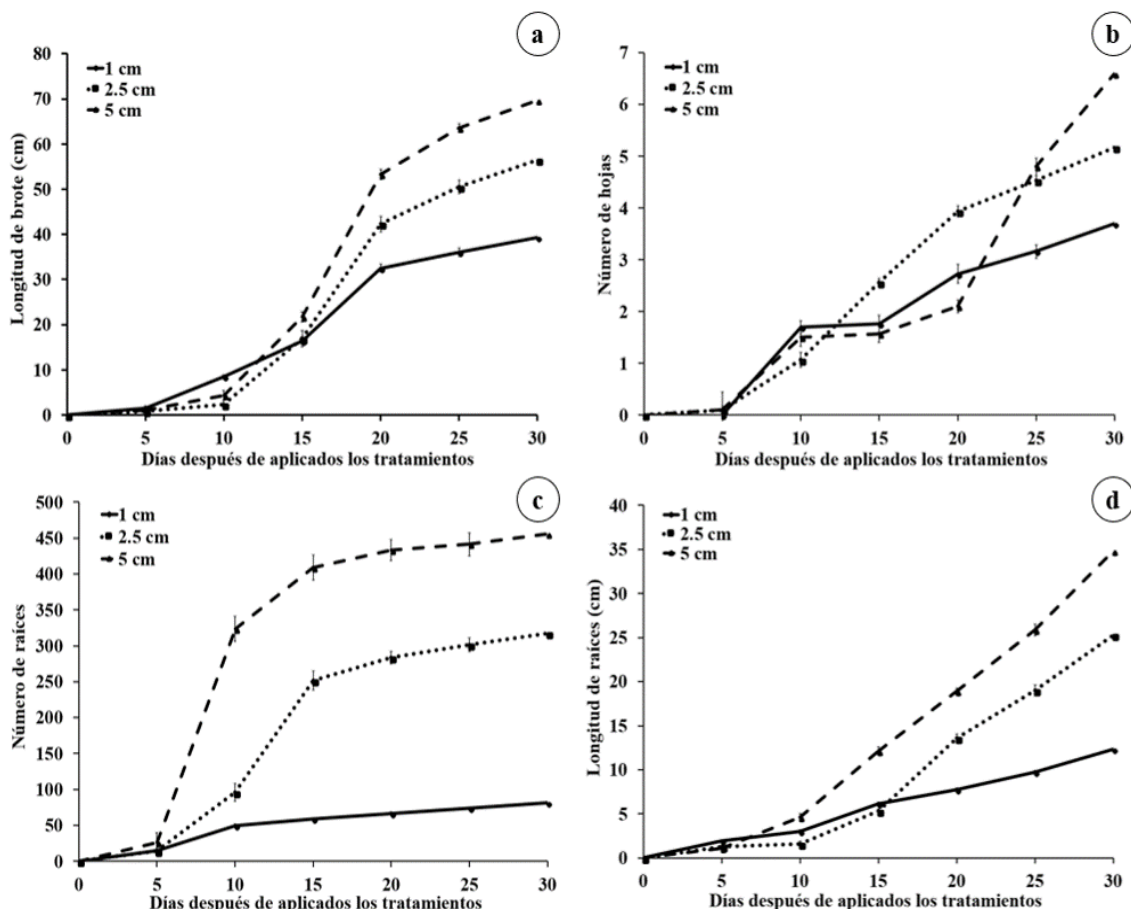


Figura 1. Efecto de la longitud de semilla vegetativa de caña de azúcar (*Saccharum* sp. cv. IMMEX 98-64) sobre desarrollo de plántula. a) Longitud de brote, b) número de hojas, c) número de raíces y, c) longitud de raíces. Las barras representan la media \pm ES.

Las yemas de 5 cm de longitud tuvieron un efecto favorable sobre las variables de desarrollo evaluadas, mostrando diferencias significativas con las yemas de 2.5 y 1 cm; las yemas de 1 cm mantuvieron un desarrollo lento y menos vigoroso. Este efecto se debió probablemente a que los entrenudos de mayor tamaño mantienen un mayor contenido de reservas, como son: agua, azúcares y nutrientes, lo que permitió un mejor desarrollo (Vargas, 2015).

Doce después del corte, en todos los tratamientos se obtuvo del 99 a 100% de germinación de las yemas; en este sentido, Ramón y Mendoza (2002) demuestran que las semillas sembradas a diferentes horas después del corte presentan un efecto sobre la germinación, a las 24 y 48 horas después del corte se obtuvo, 87 y 47% de germinación, respectivamente. Parte de los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Quiala *et al.* (2001), donde al utilizar yemas recubiertas con alginato de sodio se logró resistencia y protección a



las semillas; además, incrementó la germinación de los embriones somáticos encapsulados y permitió reducir el tiempo de germinación (de tres a dos semanas).

Al definir el tamaño óptimo de la semilla de caña de azúcar cv. IMMEX 98-64 se puede reducir la cantidad de material vegetal aproximadamente a 250 kg/ha. Esta tecnología facilita el traslado para realizar la siembra, comparado con el método convencional en el cual se utilizan hasta 11 t/ha, lo que incrementa los gastos de operación de siembra en transporte y mano de obra.

Con la tecnología de semillas artificiales de caña de azúcar, obtenida de vitroplantas rejuvenecidas libres de plagas y enfermedades, será posible establecer un semillero básico certificado, presentando ventajas competitivas en campo y fábrica, respecto al sistema convencional de propagación por yemas no rejuvenecidas.

Conclusiones

1. Se determinó que el tamaño óptimo de yemas de caña de azúcar cv. IMMEX 98-64 para la producción de semillas artificiales es de 5 cm. Con esto será posible desarrollar a mediano plazo un sistema de semilla artificial utilizada para el mejor aprovechamiento de semilleros básicos.

Literatura citada

- Córdova, J. A., T.V. Vargas., C. W. E. Salinas., B. M. D. J. Aguirre y C. D. Rodríguez. 2004. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. *Investigaciones Geográficas* 53:58-74.
- Flores, C. S. 2001. Las variedades de caña de azúcar en México. 1ra ed. ATAM, México. 238 p.
- Gómez-Merino, F. C., L. I. Trejo-Téllez, V. Morales-Ramos, J. Salazar-Ortiz, J. Velasco-Velasco y H. E. Sentíes-Herrera. *et al.* 2014. Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad* 7:9-15.





- Lal, M., A .K. Tiwari and G. N. Gupta. 2015. Commercial scale micropropagation of sugarcane: Constraints and remedies. Sugar Tech. 17:339-347.
- Morales, M., E. de J. y J. del S. Cano S. 2012. Semillas sintéticas. El campo del futuro. Revista Ciencia y Desarrollo 16-21.
- Quiala, E., E. Jiménez, M. de Feria, M. Chávez, N. Pérez-Alonso, A. Capote y R. Barbón. 2001. Influencia de diferentes factores sobre la germinación de embriones somáticos encapsulados de *Saccharum* spp híbrido var Cuba 87-51. Biotecnología Vegetal 1(2):77-81.
- Ramón, M. y C. Mendoza. 2002. Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. Revista de la Facultad de Agronomía 19(4):264-272.
- Sawant, R. A., P. N. Tawar, N. T. Meti and P. K. Ranjekar. 2014. Role of sugarcane micropropagation for production of quality seed. Int. J. Rec. Biotechnol. 2:34-41.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Caña de azúcar: cierra la cosecha 2017 con 56 millones de toneladas. <https://www.gob.mx/siap/articulos/cana-de-azucar-cierra-la-cosecha-2017-con-56-millones-de-toneladas?idiom=es> [consultado el 12 de mayo de 2018].
- Vargas, G. 2015. Cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Guía para docentes y estudiantes de producción agropecuaria. Instituto de Educación Superior Tecnológico Publico "CHOCOPE". La libertad, Perú. 69 p.





PROTOCOLO DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA PARA LA REGENERACIÓN *In vitro* DE *Rhyncholelia glauca* (Lindley) Schltr

Dalia Moreno Tepole³³⁹, Hilda Eulalia Lee Espinosa^{339*}, María Elena Galindo Tovar³³⁹ y Joaquín Murguía González³³⁹

Resumen

Rhyncholelia glauca (Lindl.) Schltr (candelaria blanca o azucena parásita) es una orquídea epífita silvestre y endémica de México, se distribuye en zonas tropicales de los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca, posee gran potencial ornamental debido a sus atractivas flores grandes y vistosas en forma de estrella, que desprenden un olor especial de cítricos y frambuesas, lo que ha generado su colecta excesiva y el comercio ilegal, provocando que actualmente se encuentre catalogada como una especie amenazada en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En este contexto, es necesario desarrollar estrategias que permitan la preservación y uso del germoplasma *ex situ*; por lo tanto, como vía para contribuir a la propagación, conservación y aprovechamiento sustentable de la especie y con ello reducir su extracción del hábitat resguardando a sus poblaciones, se desarrolló un protocolo rápido, simple y eficiente de propagación masiva, utilizando la micropropagación *in vitro* por la ruta de embriogénesis somática de alta frecuencia. Se indujo callo embriogénico a partir de PLBs, en el medio de cultivo Vacin & Went (VW) suplementado con Kinetina (Kin)+ ácido naftalénacético (ANA) +6-bencilami-nopurina (BAP) a razón de 2 mg/L cada uno. Al cabo de tres subcultivos a medio de cultivo fresco, efectuados a intervalos de 30 días, se logró una producción promedio de 490 embriones somáticos (ES), bajo condiciones controladas de fotoperiodo de 16 h, 33.8 $\mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$. Continuando el desarrollo *in vitro*, en un medio de cultivo de la misma composición, los ES se convirtieron a plantas completas en aproximadamente tres meses, hasta alcanzar una altura de 3 cm, momento en que se

³³⁹Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Laboratorio de Micropropagación Vegetal. Carretera Peñuela-Amatlán, km 1, Peñuela, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México.
*kalapana_66@hotmail.com, hlee@uv.mx.





consideraron aptas para su aclimatización en invernadero, logrando el 90% de supervivencia en un periodo de 30 días.

Palabras clave: orquídea, callo embriogénico, PLBs, embriones somáticos

Introducción

Rhyncholaelia glauca endémica de México, comúnmente conocida como Candelaria Blanca (CONABIO, 2016) y Azucena parásita se distribuye en la Sierra Madre de Chiapas, Veracruz y Oaxaca en bosques caducifolios tropicales a una altitud de 700 a 1,600 m (Soto *et al.*, 2008). Se distingue por sus flores grandes de 10 a 12 cm de diámetro (Flores y García., 2003) en forma de estrella, muy aromáticas especialmente por la noche (Pardossi *et al.*, 2007). Sus características atractivas han provocado el saqueo excesivo y comercio ilegal, teniendo consecuencias demográficas negativas para las poblaciones de esta especie (Flores y Valencia, 2007), por lo que actualmente se encuentra catalogada como una especie amenazada en el Apéndice II de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). Esta situación se complica porque la tasa de propagación en su ambiente natural es baja (Nauray, 2013) debido a que las semillas de las orquídeas son diminutas y carecen de endospermo (Sedano *et al.*, 2015) teniendo un porcentaje de germinación de entre el 2% y 5% de los miles de semillas que se producen en cada fruto (Dalzotto y Llallana, 2013) siendo necesaria una relación micorrízica (Pérez y Castañeda, 2016). El desarrollo de procedimientos que permitan la propagación *ex situ* de esta especie, representa una alternativa para su conservación y aprovechamiento sustentable, convirtiéndose en un medio para disminuir la extracción excesiva de su hábitat. La embriogénesis somática de alta frecuencia es decir la formación de embriones a partir de una célula, sin la necesidad de la fusión de gametos es una importante aplicación de la micropropagación *in vitro*, ya que permite incrementar los coeficientes de multiplicación del material vegetal propagado a bajos costos de producción (Sharry *et al.*, 2015). Sin embargo, actualmente no existen reportes de la inducción de embriogénesis somática en *R. glauca*. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de combinaciones de reguladores de





crecimiento vegetal y medios de cultivo, así como condiciones de incubación y periodos de subcultivo en la formación de embriones somáticos a partir de protocormos (PLBs) de *R. glauca*, para desarrollar un protocolo eficiente de embriogénesis somática que permita la propagación, conservación y aprovechamiento sustentable de la especie salvaguardando a las poblaciones naturales.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias dependiente de la Universidad Veracruzana en Córdoba, Veracruz, ubicada a 817 m de altitud, 21° 21' 22" LN y 97° 41 '08" LW. Se utilizó como fuente de explante protocormos (PLB's) provenientes de la germinación *in vitro* de semillas de la orquídea *R. glauca*. Los medios de cultivo utilizados fueron sales minerales de Murashige y Skoog (1962) (MS) y Vacin y Went (1949) (VW) suplementados con mio-inositol a (100 mg/L), solución de vitaminas de MS (5 ml/L, sacarosa 30 (g/L). Fueron gelificados con Phytigel® (2.5 g/L). Los reguladores de crecimiento se adicionaron de acuerdo con cada uno de los experimentos realizados durante la investigación. En el medio MS el pH se ajustó a 5.7 ± 0.1 y en el medio VW a 4.8 ± 0.1 . En todos los casos se dosificó a razón de 20 ml por cada frasco tipo "G" y la esterilización se llevó a cabo en la autoclave durante 15 minutos a 121°C. El fotoperiodo fue de 16 h ($20.2 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$, provista por lámparas de luz fluorescente tipo blanco-frío) y 8 h de oscuridad a $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Se utilizó el diseño experimental completamente al azar. Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza, con el paquete estadístico SAS System, versión 6.12 (SAS Institute, 1999) y discriminados con la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1980).

Inducción de callo embriogénico

Para inducir callo embriogénico se comparó el efecto de los medios de cultivo MS (1962) y VW (1946) suplementados con ácido naftalenacético (ANA)+6-bencilami-nopurina (BAP) + ácido indol acético (AIA) (2.0 mg/L de cada uno). Se sembraron 5 PLB's en cada frasco tipo "G", realizando 10 repeticiones por tratamiento. Los cultivos se incubaron en fotoperiodo y la





evaluación cualitativa del callo embriogénico en cuanto al color (verde intenso, café-amarillento) y consistencia (friable, compacto) se realizó a las siete semanas de establecido el experimento.

Efecto de las condiciones de oscuridad y fotoperiodo sobre la morfogénesis de los callos desarrollados

Se evaluaron dos medios de cultivo (MS y VW) suplementados con 2.0 mg/L de ANA, BAP y AIA bajo dos condiciones de incubación: fotoperiodo y oscuridad. Se sembraron diez callos de ≈ 2 mm de diámetro, realizando tres repeticiones por tratamiento. La evaluación del número de embriones somáticos formados se realizó a las cinco semanas de su desarrollo *in vitro*.

Efecto de los reguladores de crecimiento sobre la morfogénesis de los embriones somáticos

Se evaluó el efecto de tres combinaciones de reguladores de crecimiento: ANA + BAP + AIA, Kin + ANA + BAP y ANA + BAP, cada una a 2 mg/L. Se sembraron diez callos de ≈ 2 mm de diámetro, realizando tres repeticiones en condiciones de fotoperiodo y se contó el número de embriones formados en cada tratamiento, a las cuatro y seis semanas de cultivo *in vitro*.

Efecto del tiempo de subcultivos sobre la capacidad multiplicativa de los embriones somáticos

Se evaluaron cuatro tiempos de subcultivo: 21, 30, 45 y 90 días. Se sembraron cinco embriones somáticos, realizando tres repeticiones por tratamiento en condiciones de fotoperiodo. En cada período se efectuaron tres subcultivos y se mantuvo un testigo sin subcultivar. La evaluación del número de embriones somáticos producidos se realizó en cada subcultivo efectuado.

Germinación y conversión de los embriones somáticos de *R. glauca*

Los embriones somáticos maduros en las etapas de torpedo y de plúmula se cultivaron en el medio VW con Kin, ANA, BAP y una vez desarrolladas las plántulas fueron transferidas a condiciones *ex vitro* para su aclimatización.





Resultados y discusión

Inducción de callo embriogénico

Durante la inducción de callo a partir de PLBs en el medio VW adicionado con 2 mg/L de ANA + BAP + AIA el callo embriogénico formado fue de consistencia friable, abundante biomasa de coloración verde tenue cristalino, que permitió inferir su naturaleza embriogénica. En contraste, cuando se utilizó el medio MS con la misma combinación de RCV hubo una escasa formación de callo que posteriormente se tornó de color café-amarillento, indicando la pérdida de la potencialidad embriogénica; esto coincide con Pedroza *et al.* (2010) quienes mencionan que normalmente se forma callo embriogénico en un medio que contiene un nivel relativamente alto de auxina, así mismo con respecto al uso de PLBs como tipo de explante para los procesos morfogénicos mediante embriogénesis somática Ishii *et al.* (1998) reportaron el primer estudio demostrando que el callo embriogénico de *Phalaenopsis* podía ser inducido a partir de segmentos de PLBs.

Efecto de las condiciones de oscuridad y fotoperiodo sobre la morfogénesis de los callos desarrollados

Como resultado de la exposición de los callos a fotoperiodo y oscuridad, se observó que hubo mayor eficiencia en la proliferación de callo y formación de embriones somáticos en el medio VW + ANA, BAP, AIA (2 mg/L cada uno) en condiciones de fotoperiodo de 16 h ($33.8 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$) ya que estimuló la formación de 114 ES en promedio de color verde intenso; mientras que en el medio MS se formaron 69 ES. En oscuridad el medio VW logró inducir 88 ES y en MS 56 embriones (Figura 1), lo cual coincide con Rittirat *et al.* (2011), quienes reportaron un aumento en la inducción de callos embriogénicos de una orquídea nativa de Tailandia en peligro de extinción *Rhynchostylis rubrum* y la formación de embriones somáticos verdes por la condición de luz.



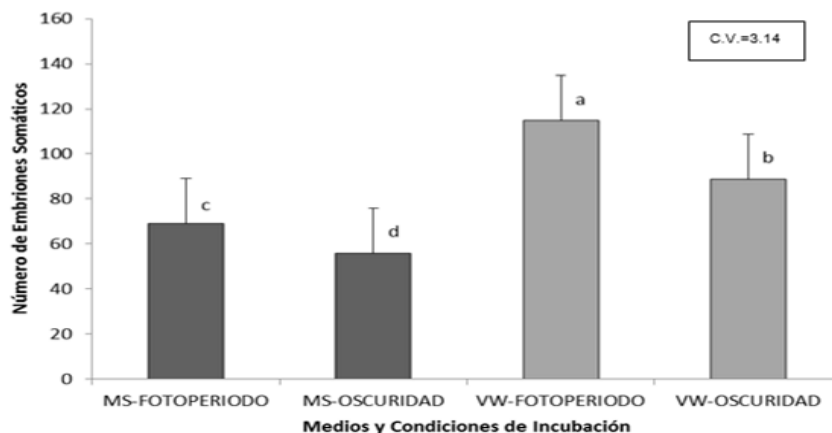


Figura 1. Efecto del medio de cultivo (MS y VW) y condiciones de incubación (oscuridad y fotoperiodo 16 h, $33.8 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$) sobre la proliferación de embriones somáticos de *Rhyncholelia glauca*. Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$); C.V. es el coeficiente de variación.

Efecto de los reguladores de crecimiento sobre la morfogénesis de los embriones somáticos

Los callos sembrados en el medio VW difirieron en la capacidad morfogénica en cada una de las combinaciones de los reguladores de crecimiento vegetal utilizadas, alcanzando su máxima eficiencia al final de un periodo de seis semanas en los tres tratamientos, existiendo diferencia altamente significativa entre ellos. De esta manera, la combinación de Kin + ANA + BAP produjo en promedio 275 ES, que fue la mayor capacidad de multiplicación de los callos embriogénicos; la combinación de ANA + BAP + AIA indujo 187 ES, en contraste con la combinación de ANA + BAP que generó en promedio 150 ES; es decir, mostró una menor capacidad de proliferación en comparación con las dos anteriores. A las cuatro semanas de cultivo se observó una menor producción de embriones somáticos con promedios de 171 ES con Kin + ANA + BAP, 133 ES con ANA + BAP + AIA ES y 100 ES con ANA + BAP (Figura 2), lo cual coincide con Jiménez (2001), quien reporta que se logra un mayor desarrollo de embriones somáticos mediante la reducción de auxina de los medios de cultivo, así mismo Mujib y Samaj (2006) mencionan que la relación auxina/citocinina es muy importante, debido a que regula el ciclo celular, las divisiones celulares y la diferenciación, factores relacionados con el inicio de la embriogénesis somática.

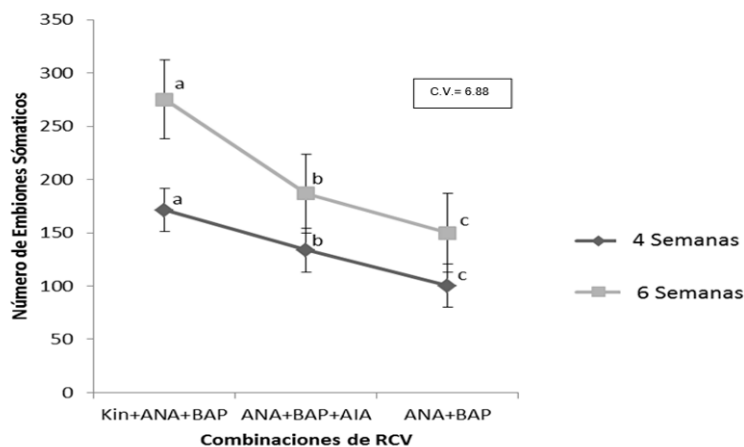


Figura 2. Número de embriones somáticos de *Rhyncholelia glauca* desarrollados en medio VW con ANA, BAP, AIA; KIN, ANA, BAP y ANA, BAP, a las cuatro y seis semanas *in vitro*. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones \pm error estándar; medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$). C.V. es el coeficiente de variación.

Efecto del tiempo de subcultivo y capacidad de multiplicación de embriones somáticos

En general la multiplicación de embriones somáticos se elevó notablemente al cabo del tercer subcultivo (S3) efectuado, observando esta tendencia en todos los períodos evaluados (21, 30, 45 y 90 días). Así, cuando se efectuaron tres subcultivos cada 21, 45 y 90 días, se lograron promedios de producción de ES de 166, 179 y 121, respectivamente. Sin embargo, el mayor promedio de proliferación se alcanzó en el tercer subcultivo (S3) a intervalos de 30 días ya que se produjeron 211 ES. Una vez lograda la máxima multiplicación en todos los casos hubo descenso altamente significativo a los 90 días (Figura 3).

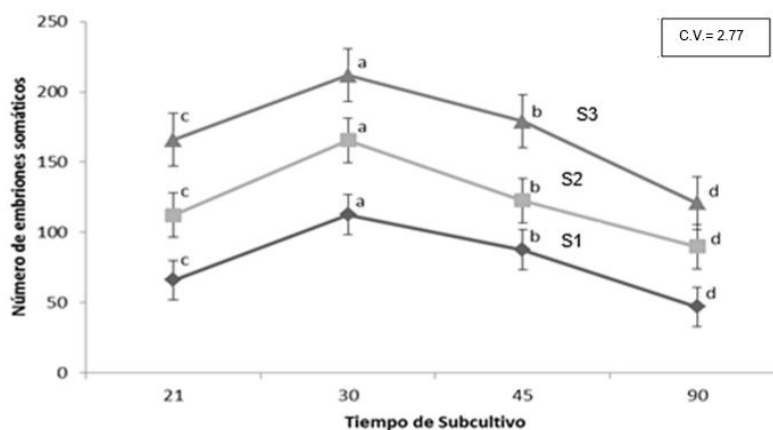


Figura 3. Multiplicación de embriones somáticos de *Rhyncholelia glauca* durante tres subcultivos (S1, S2, S3) a intervalos de 21, 30, 45 y 90 días. Cada punto representa el promedio de tres repeticiones \pm error estándar. Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$). C.V. es el coeficiente de variación.





Este resultado coincide con Lee *et al.* (2010), quienes reportaron que la multiplicación de embriones somáticos de *Laelia anceps* se elevó en el tercer subcultivo en los periodos evaluados, mencionando que la eficiencia de proliferación de embriones somáticos se promueve mediante subcultivos de los callos inicialmente regenerados a medio de cultivo fresco.

Germinación y conversión de los embriones somáticos *R. glauca*

Los embriones somáticos formados en la superficie del callo continuaron su desarrollo en las etapas de torpedo y de plúmula convirtiéndose en plántulas completas en el medio VW con Kin, ANA, BAP y una vez desarrolladas con un tamaño de 3 cm de altura fueron transferidas a condiciones *ex vitro* para su aclimatización, sembradas en un sustrato de corteza de pino donde permanecieron durante 30 días para evaluar la supervivencia de las plantas. El final del periodo se determinó con la aparición de una nueva hoja, logrando una supervivencia del 90%, lo cual coincide con Martin *et al.* (2003) quienes reportaron la propagación clonal de *Ipsea malabarica*, orquídea en peligro de extinción, mencionando que la rizogénesis de las plántulas se llevó a cabo cuando permanecían en el medio de multiplicación, presentando raíces gruesas, fuertes y carnosas; así mismo, Nipawan *et al.* (2013) reportaron que el carbón activado en el medio de cultivo ayuda en la inducción de raíces.

Conclusiones

1. El mayor índice de multiplicación de callos embriogénicos de *Rhynchoaelia glauca* fue en el medio de cultivo VW con Kin, ANA, BAP (2 mg/L de cada uno) bajo condiciones de fotoperiodo de 16 h ($33.8 \mu\text{mol m}^{-2}/\text{s}$) realizando tres subcultivos cada 30 días, permitiendo la maduración, germinación y conversión de los embriones somáticos en plántulas completas en el mismo medio de cultivo, eliminando la necesidad de realizar la fase de enraizamiento *in vitro* de la micropropagación. 2. Estos resultados constituyen un protocolo rápido y eficiente de embriogénesis somática para la regeneración *in vitro* de *R. glauca*, como vía para contribuir a la propagación, conservación y aprovechamiento de esta especie con gran potencial ornamental.





Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como patrocinador de la beca para estudios de maestría.

Literatura citada

- CITES. 2017. *Rhyncholaelia glauca*.
https://www.speciesplus.net/#/taxon_concepts/14020/legal
- CONABIO-Enciclovida. 2017. Ficha Técnica. Candelaria blanca (*Rhyncholaelia glauca*) (Lindl.) Schltr. <http://www.enciclovida.mx/especies/6024598>
- Dalzotto, C. A. y Llallana V. H. 2013. Viabilidad, germinación asimbiótica y vigor de tres especies de orquídeas nativas. *Revista Científica Agropecuaria* 17(1-2):39-47.
- Flores, P. A. and García F. G. J. 2003. Effects of floral display and plant abundance on fruit production of *Rhyncholaelia glauca* (Orchidaceae). *Biología Tropical* 51(1):71-78.
- Flores, P. A. and Valencia D. S. 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 136:372-387.
- Ishii, Y., Takamura T., Goi M. and Tanaka M. 1998. Callus induction and somatic embryogenesis of *Phalaenopsis*. *Plant Cell Reports* 17:446-450.
- Jiménez, V. M. 2001. Review Regulation of *in vitro* somatic embryogenesis with emphasis on the role of endogenous hormones. *Revista Brasileira de Fisiología Vegetal* 13(2):196-223.
- Lee, E. H. E., Laguna C. A., Murguía G. J., Iglesias A. L., García R. B., Escobedo L. D., Martínez O. M. Y., Barredo P. A. F., Santana B. N. *et al.* 2010. Un protocolo de embriogénesis somática para la regeneración y caracterización *in vitro* de *Laelia anceps* ssp. *dawsonii*. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4):323-332.
- Martin, K. P. 2003. Clonal propagation, encapsulation and reintroduction of *Ipsea malabarica* (reichb. f.) j. d. hook., an endangered orchid. *In Vitro Cell. Developmental Biology Plant* (39):322-326.
- Mujib, A. y Samaj J. 2006. *Plant cell monographs somatic embryogenesis*. Springer-Verlag. Alemania. 357 p.





- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plant* 15:473-497.
- Nauray, H. W. 2013. Manual de orquídeas. Identificación y origen. Ministerio del Ambiente Perú. San Isidro, Lima, Perú. 39 p.
- Nipawan, J., Kanchit T. and Keiko I. 2013. Efficient adventitious shoot regeneration from shoot tip culture of *Vanda coerulea*, a Thai orchid. *Science Asia* 39:449-455.
- Pardossi, A., Malorgio F., Pezzarossa B. and Bretzel F. 2007. Atti del Workshop Le piante spontanee come risorsa per il florovivaismo e la valorizzazione del paesaggio. Facoltà di Agraria, Università di Pisa. MMVIII ARACNE editrice S.R.L. Roma. 116 p.
- Pedroza, M. J. A., Serrano M. L. C. y Castaño R. M. 2010. Efecto del carbón activado y ácido indol acético en el desarrollo de protocormos de *Masdevallia coccinea Lindenex Lindl.* y *Maxillaria nutans Lindl. in vitro*. *Revista Colombiana de Biotecnología* 12(2):86-102.
- Pérez, M. B. A. y Castañeda G. S. L. 2016. Propagación *in vitro* de orquídeas nativas como una contribución para la conservación *ex situ*. *Biotecnología Vegetal* 16(3):143-151.
- Rittirat, S., Te-chato S., Kerdsuwan N. and Kongruk S. 2011. Micropropagation of chang daeng (*Rhynchosytilis gigantea* var. Sagarik) by embryogenic callus. *Songklanakarín Journal of Science and Technology* 33(6):659-663.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT user's guide. Versión 6.12. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Sedano, C. G., Manzo G. A., Roldán H. R y Castellanos S. J. A. 2015. Propagación *in vitro* de orquídeas y otras ornamentales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1:451-456.
- Sharry, S. E., Adema M., Sharry I. W., Basiglio C. Ma. De los A., Bisio M. C., Boeri P., Briones M. V., Cedrés G. M., Salvio E. A., Gugole M. F., Lannicelli J., Nikoloff N., Pariani S., Rivas C. y Villareal B. 2015. Plantas de probeta: manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro*. Universidad Nacional de La Plata. 1a ed. Buenos Aires Argentina. 241 p.
- Soto, A. M. A., Solano G. R., Hágsater E., Jiménez M. R., Sosa V. and Salazar C. G. A. 2008. Icones *Orchidacearum*. Orchids of México. Herbario AMO. Instituto Chinoín, A C. México D.F. 240 p.
- Steel, R. G. and Torrie J. H. 1980. Principles and procedures of statistics a biometrical approach. 2d. ed. Mc Graw Hill. New York. 633 p.
- Vacin, E. F. and Went, F. W. 1949. Some pH changes in nutrient solutions. *Botanical Gazette* 110:605-613.





ESTUDIO NUTRIMENTAL COMPARATIVO DE HUEVO DE GRANJA Y DE TRASPATIO

Miriam Rosas Juárez^{340*}, María Guadalupe Meza García³⁴⁰ y Erik Ocaranza Sánchez³⁴⁰

Resumen

El huevo de gallina constituye uno de los alimentos más abundantes y comunes en la dieta humana, la calidad nutricional depende de la alimentación que las aves reciban, mismas que para mantenerlas sanas y lograr una buena producción de huevos y carne requieren de nutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, minerales y agua. La mayoría de las ponedoras de granja tienen una alimentación ideal en cuanto a los requerimientos de producción, contrario a las gallinas de traspatio que son generalmente alimentadas a base de desperdicios, maíz y granos. En este estudio se comparó el valor nutrimental por medio de parámetros de análisis proximales y funcionales de huevos de traspatio y huevos de granja (SRS) La valoración nutrimental se realizó por composición químico proximal (AOAC, 1995), actividad antioxidante (DPPH), contenido de carotenos (UV-Visible) y color (minotla). La evaluación se realizó en clara, yema y huevos enteros. El contenido de proteína se localizó principalmente en clara, se presentó un alto contenido proteico en clara de traspatio en 1.9% mayor que en la de granja. En la yema el contenido proteico no presentó diferencia en ambas muestras, mostró el mayor contenido en huevo de granja en 1.25%. El contenido de grasas en yema, entre ambas muestras, el huevo de traspatio presentó el mayor valor (3.19%). La actividad antioxidante en yema fue mayor en huevo de granja (4.76 μM eq a trolox) en comparación con el huevo de traspatio. Respecto al contenido de carotenoides presentes en yema, la concentración de luteína y zeaxantina fue mayor en huevo de granja (2.32 y 2.01 $\mu\text{g/g}$). En relación al color en ambas muestras, el que presentó mayor coloración rojiza- naranja fue el huevo de granja. El valor nutrimental y funcional depende de la alimentación de la gallina, el huevo de traspatio contiene mayor contenido de proteínas y

³⁴⁰ Instituto Politécnico Nacional-Centro de Investigación de Biotecnología Aplicada, (IPN- CIBA Tlaxcala).
* miriamrosasjuarez27@gmail.com





grasas; sin embargo, la actividad funcional se presentó en huevo de granja con mayor contenido de carotenos, actividad antioxidante y color.

Palabras clave: huevo, análisis proximal, análisis funcional

Introducción

El huevo es un alimento muy completo, de bajo costo y de fácil manipulación para la elaboración de múltiples platillos por lo que gana demanda y popularidad en diversas culturas y civilizaciones. Su valor nutrimental es amplio ya que aporta un gran contenido de proteínas y lípidos, además de aportar cantidades significativas de vitaminas como la A, B₁₂, D, E, entre otras y minerales como Fósforo, Selenio, Hierro, Yodo y Zinc, que contribuyen a cubrir gran parte de la ingesta diaria de nutrientes recomendadas (Hernández, 2010). Por consiguiente el huevo contiene compuestos antioxidante presentes en la yema en las que destacan algunas vitaminas, oligoelementos y carotenos en los que predominan principalmente la luteína y zeaxantina, estos compuestos se consideran benéficos ya que protegen al organismo del daño oxidativo y previenen de algunas enfermedades degenerativas (Nimalaratne y Wu, 2015).

En la calidad y valor nutrimental del huevo de granja y de traspatio se tiene un gran debate, aunque posee altas cualidades nutritivas y físicas, se han establecido diferencias nutricionales, ya que se modifica según el sistema de alimentación, el hábitat y la raza de las gallinas. En este sentido, entre mayor calidad alimenticia reciba la gallina en la dieta, esta tendrá mayor potencial productivo y por ende mejor calidad nutricional en el huevo.

Los huevos de granja son producidos en instalaciones industriales y las gallinas se encuentran enjauladas en espacios reducidos, este factor puede aumentar la temperatura en su entorno y por ende se encuentren estresadas aun cuando tienen libre acceso de agua y alimento. Su alimentación es a base de formulaciones especializadas para obtener mayor cantidad de huevos y más grandes. Por otra parte, la gallina de traspatio, se encuentra en espacios libres, no tiene una dieta establecida o ideal ya que es alimentada por desperdicios de comida, maíz, forrajes, además pica y/o pepena semillas, hierbas frescas, insectos y





gusanos, que pueden encontrarse a su alrededor, cría a sus polluelos y se relaciona con machos de su misma especie, tiene un crecimiento armónico, al contrario de las gallinas de granja (Abd *et al.*, 2017).

Comúnmente se piensa que la calidad nutricional del huevo se encuentra relacionada a las condiciones de producción del huevo, se considera que el huevo de traspatio tiene mejor calidad nutrimental, derivado a esto se tiene la creencia que esta calidad se refleja en la coloración de la yema ya que esta es más brillante, teniendo una coloración anaranjada - rojiza; mientras que, en los huevos de granja esta coloración es menos intensa, este fenómeno no es representativo ya que no representa todos los parámetros nutrimentales del huevo, puesto que solo es indicativo de la concentración de carotenos y pigmentos que son absorbidos por el animal durante la alimentación (Kopřiva *et al.*, 2014). El objetivo de este trabajo fue comparar y evaluar mediante análisis fisicoquímicos y funcionales las propiedades de calidad de los huevos de granja y traspatio.

Materiales y métodos

Con el fin de evaluar y comparar las características fisicoquímicas y funcionales se utilizaron huevos de diferentes procedencias: huevos criollos de 5 granjas, huevos de traspatio de rancherías del área de San Martín del estado de Puebla. Los huevos fueron seleccionados aleatoriamente, se considera un promedio representativo del área ya que la alimentación no es controlada y genera altas varianzas. El huevo de granja (SRS) fue adquirido en supermercados del estado de Puebla.

Preparación de las muestras. Para la realización de los análisis los huevos fueron casqueados, separando claras, yema y huevo entero, posteriormente, fueron liofilizados para ser utilizados como stock.

Análisis químico proximal. Con base en la AOAC (1995) se aplicaron las siguientes técnicas: humedad termogravimétrico (termobalanza marca OHAUS); Materia grasa por el método soxhlet usando como solvente éter etílico de pureza al 98%; Cenizas mediante el método gravimétrico y proteínas mediante un analizador elemental (C, H, O, N y S), marca Flash 200, usando el factor de 6.25 de nitrógeno total. La actividad antioxidante mediante el ensayo de





1,1-Difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH), se evaluó de acuerdo con el método de Brand-Williams Cuvelier y Berset (1995), con algunas modificaciones. Se tomó una alícuota de extracto de huevo 50 μL y se mezcló con DPPH (marca sigma aldrich) 150 μL a una concentración de 1 mM, la mezcla se dejó incubar a 37°C por 30 minutos manteniéndose en oscuridad y se procedió a medir la absorbancia a 517 nm, en un espectro de UV-visible (marca EPOC-Biotek), se realizó una curva de calibración con trolox, los resultados se expresaron en μM equivalentes a trolox (Nimalaratne y Wu, 2015).

Para los carotenos totales se cuantificó espectrofotométricamente conforme a la ley de Beer. Se sometieron las muestras a una mezcla de hexano al 98%, acetona al 96% y etanol absoluto, (solventes de la marca Sigma Aldrich) a una proporción de (25:25:50); se utilizó un espectrofotómetro (marca Jenway Genova Plus), se tomó 1 g de yema liofilizada de huevo de traspatio y huevo de granja, se agregó 30 mL de la mezcla, se mantuvo en refrigeración por tres horas a 4.5°C, posteriormente se sonicó por 15 minutos, se centrifugó a 4°C a 6,500 rpm por cinco minutos, se realizó un barrido a las muestras entre las longitudes de onda de 350 a 750 nm, el ensayo se realizó por duplicado, el cálculo de la concentración de carotenoides, coeficientes de extinción para luteína de 2550 y Zeaxantina de 2,540 se expresó en $\mu\text{g/g}$ de materia seca (Luengo *et al.*, 2014).

Para la determinación del color en yema se tomaron muestras líquidas, tomando alícuotas de 2.5 mL, se realizó mediante el espectrofotómetro Konica minotla (marca CM3600d), va en función de las coordenadas L: luminosidad, a*: Rojos a verdes, b*: amarillo- azul, (L*, a*, b*), fueron determinados de acuerdo con el ángulo -D65 de luminosidad, ángulo de visión de 8° y ángulo de observación estándar de -10°. Las determinaciones se realizaron por triplicado (Lamas *et al.*, 2016).

Resultados y discusión

Composición nutricional en clara, yema y huevo entero de huevos de traspatio y de granja (SRS). En el análisis proximal el contenido de proteínas (base seca), en clara de huevo de traspatio fue de 74.2% y en el huevo de granja fue de 72.3%, se detectó diferencia significativa en ambas muestras. En cuanto a la yema, el contenido proteico fue muy similar,



en huevo de traspatio fue del 36.54% y en huevo de granja del 37.79%, sin que se detectara diferencia significativa. En el huevo entero, el contenido de proteína fue mayor en huevo de traspatio alcanzando el 56.4% y en el huevo de granja fue del 53.35%, por lo hubo diferencia significativa entre las muestras (Figura 1).

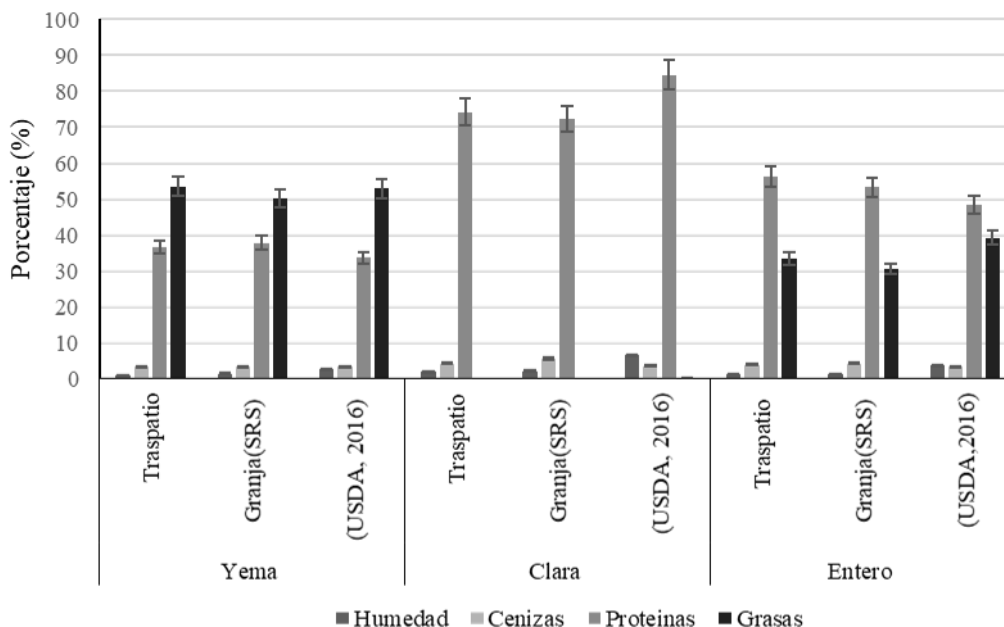


Figura 1. Análisis proximal en yema, clara y huevo entero de traspatio y de granja.

En cuanto al contenido de grasas (base seca) en yema de huevo de traspatio se obtuvo el mayor contenido que fue del 53.49%, en huevo de granja fue del 50.3%, se detectó diferencia significativa entre ambas muestras. Con respecto al huevo entero el contenido de grasas en huevo de traspatio fue del 33.45% y en huevo de granja del 30.56%, existiendo diferencia significativa (Figura 1).

Con respecto al contenido de materia inorgánica en humedad, la yema de huevo de granja presentó un valor del 1.47% y en huevo de traspatio fue del 1.03%, por lo que hubo diferencia significativa en las muestras. En clara el contenido de humedad en huevo de traspatio fue del 1.94%, en tanto que en huevo de granja fue del 2.19%, también se detectó diferencia significativa. Por su parte, en huevo entero el contenido de humedad en ambas muestras fueron muy semejantes, en huevo de traspatio se obtuvo un valor del 1.4% y en huevo de granja del 1.39%, habiendo diferencia significativa.



El contenido de ceniza en yema fue similar en ambas muestras, los valores obtenidos fueron de 3.45% y 3.4% para huevo de traspatio y de granja, respectivamente, sin diferencia significativa. En clara este parámetro fue del 4.33% para huevo de traspatio y de 5.33% en huevo de granja, se detectó diferencia significativa. En el huevo entero el contenido de ceniza para huevo de traspatio o criollo fue del 3.95% y del 4.26% para el huevo de granja o comercial (Figura 1).

El contenido nutrimental del huevo depende del correcto balance nutrimental de la gallina ponedora. La proteína es un indicador fundamental para evaluar el valor nutrimental, este atributo se registró en mayor cantidad en la clara de huevo criollo. El mayor contenido de grasas se presentó en yema, también presentó un alto contenido energético como ácidos grasos saturados y poliinsaturados. Los valores obtenidos se encuentran dentro los parámetros y rangos nutrimentales indicados por la base de datos de la composición de alimento (USDA, 2016). Respecto a los análisis funcionales, para la actividad antioxidante realizada por el ensayo de 1,1-Difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) se elaboró una curva de calibración con Trolox, análogo de la vitamina E, con el reactivo de radical libre de DPPH; los resultados por este método se reportan como IC50, la concentración de los compuestos antioxidantes es capaz de inhibir el 50% del radical DPP (Nimalaratne *et al.*, 2011). La actividad antioxidante en yema de huevo de granja fue de 13.59 μM equivalentes Trolox, en huevo de traspatio fue de 8.83 μM equivalentes Trolox, existiendo diferencia significativa. Para el huevo entero, la mayor actividad la presentó el huevo de granja con 7.32 μM equivalentes Trolox, en huevo de traspatio fue de 4.79 μM equivalentes Trolox, siendo significativas las diferencias (Figura 2).

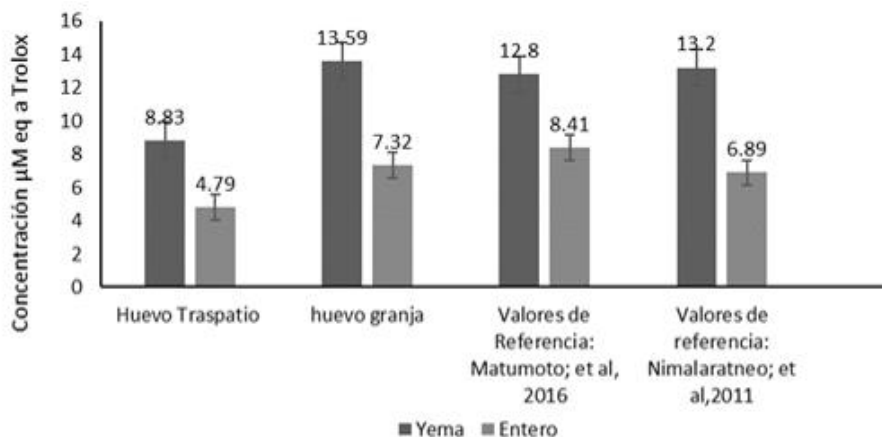


Figura 2. Actividad antioxidante en yema de huevo y en huevo entero de traspatio y de granja.





La actividad antioxidante desempeña un importante papel, por esta razón los contenidos de antioxidantes presentes en el huevo deben de ser altos. Los valores para este atributo en yema se ubicaron dentro los rangos de referencia y oscilaron entre 12.8-13.2 μM eq de trolox. La clara no presentó actividad antioxidante debido al alto contenido de agua.

La concentración de carotenoides dependerá considerablemente de la alimentación del ave, la raza y la especie. El método usado de la extracción dependerá de los diferentes solventes orgánicos y/o de la mezcla de los solventes; de la misma manera, la concentración de carotenoides presentes en las muestras absorbe a una longitud de onda de 460 a 550 nm y van del color amarillo-naranja a rojizo. La concentración de luteína fue calculada de acuerdo al coeficiente de extinción de 2,540, se encontró principalmente en el huevo de granja en una cantidad de 6.81 $\mu\text{g/g}$, en huevo de traspatio fue de 4.49 $\mu\text{g/g}$. La concentración de zeaxantina de acuerdo al coeficiente de extinción de 2,550 fue de 7.00 $\mu\text{g/g}$ en huevo de granja y en el de traspatio de 4.99 $\mu\text{g/g}$ por lo que se detectó diferencia significativa. Para el huevo de traspatio los resultados obtenidos se localizaron por debajo de los parámetros reportados en la literatura, estos oscilaron para zeaxantina de 5.40 a 7.62 $\mu\text{g/g}$ y para luteína de 7.87- 8.10 $\mu\text{g/g}$; sin embargo, para huevo de granja se encontraron dentro de los rangos establecidos, la presencia de estos influyen en la tonalidad y/o coloración del huevo (Figura 3).

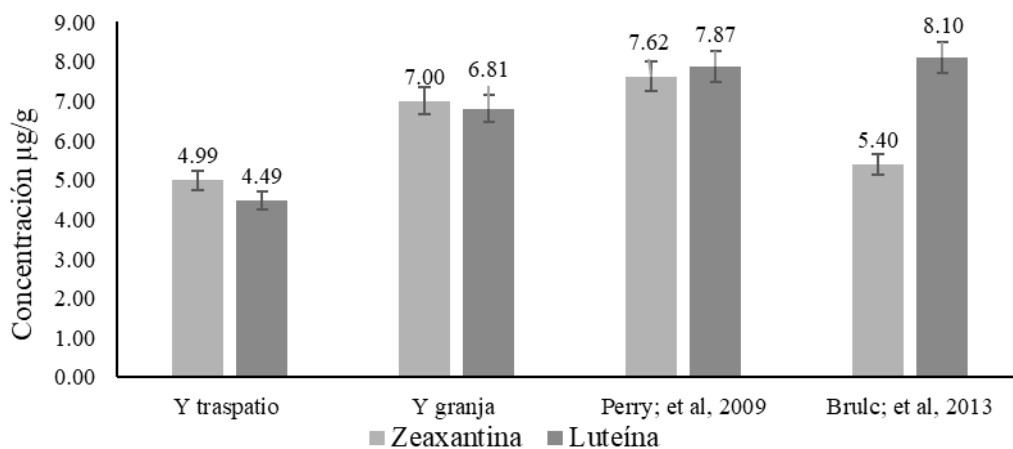


Figura 3. Concentración de zeaxantina y luteína identificados en yema.

El color se evaluó solamente en yema, este está en función de la alimentación del ave, raza, así como la edad de la gallina, a su vez es afectado por el contenido de carotenoides, particularmente de luteína y zeaxantina, los cuales le confieren una tonalidad amarillenta y





anaranjada-rojiza, además que presentan actividad antioxidante evitando la oxidación lipídica. Las coordenadas L^* indica la luminosidad, a^* y b^* son las coordenadas cromáticas (Skřivan y Englmaierová, 2014) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas de color identificadas para yema en huevo de granja y de traspatio.

Coordenada	Huevo de granja (SRS)	Huevo traspatio	Lamas <i>et al.</i> (2016)	Skrivan (2014)
L^*	61.47	64.22	66.48	60.8
a^*	19.42	13.35	22.04	10.1
b^*	51.62	55.8	62.52	52.3

Las coordenada (+) a^* , se dirige a los colores naranjas rojizos, aquí se obtuvo un valor de 19.42 en huevo de granja el cual fue mayor que en el huevo de traspatio de 13.35, en el caso de (+) b^* se dirige a colores amarillos-naranjas y se obtiene un color anaranjado tenue, en el huevo de traspatio el valor obtenido fue de 55.8 y en huevo comercial de 51.62, la tonalidad anaranjado-rojizo correspondió al huevo de granja, el huevo de traspatio obtuvo una coloración más brillante, estos valores presentaron diferencia significativa, en cuanto a los valores de referencia, las tonalidades van de naranjas a amarillos tenues, por lo que no hubo diferencia con lo reportado en la literatura, estos valores se encuentran en (+) a^* de 10.1 a 22.04 y en (+) b^* de 62.52 a 52.3.

Conclusiones

1. Las muestras de huevo de gallina de traspatio fueron en el contenido nutrimental sobre todo en proteínas y grasas en base seca. 2. El huevo comercial obtuvo la mayor actividad antioxidante y concentración de carotenoides, por lo que la coloración está íntimamente relacionada con la concentración de carotenos. 3. Se infiere que la dieta de la gallina influye en el contenido nutrimental y funcional.





Literatura citada

- Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., Laudadio, V., Demauro, R. and Tufarelli, V. 2017. Dietary inclusion of raw faba bean instead of soybean meal and enzyme supplementation in laying hens: Effect on performance and egg quality. *Saudi Journal of Biological Sciences* 24(2):276-285.
- Hernández, Á. G. 2010. *Tratado de nutrición. Composición y calidad de los alimentos*. 771 p.
- Kopřiva, V., Suchý, P., Straková, E., Žd'árský, M. and Dvořák, P. 2014. Colour and viscosity of egg yolk after addition of beetroot to feed for laying hens. *Acta Veterinaria Brno* 83(1):39-44.
- Lamas, A., Anton, X., Miranda, J. M., Roca-Saavedra, P., Cardelle-Cobas, A., Rodriguez, J. A. and Cepeda, A. 2016. Technological development of functional egg products by an addition of n-3 polyunsaturated-fatty-acid-enriched oil. *Journal of Food* 14(2):289-295.
- Luengo, E., Álvarez, I. and Raso, J. 2014. Improving carotenoid extraction from tomato waste by pulsed electric fields. *Frontiers in Nutrition* 1:1-10.
- Nimalaratne, C., Lopes-Lutz, D., Schieber, A. and Wu, J. 2011. Free aromatic amino acids in egg yolk show antioxidant properties. *Food Chemistry* 129(1):155-161.
- Nimalaratne, C. and Wu, J. 2015. Hen egg as an antioxidant food commodity: A review. *Nutrients* 7(10):8274-8293.
- Skřivan, M. and Englmaierová, M. 2014. The deposition of carotenoids and α -tocopherol in hen eggs produced under a combination of sequential feeding and grazing. *Animal Feed Science and Technology* 190:79-86.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Investigación Agrícola USDA, Bases de datos de composición de alimentos <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/report/nutrientsfrm?max=25&offset=0&totCount=0&nutrient1=203&nutrient2=207&nutrient3=255&fg=16&subset=1&sort=c&measureby=g>, [consultado en mayo de 2018].





BIORREACTOR SETIS™: UN SISTEMA EFICIENTE PARA LA PROPAGACIÓN *In vitro* DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)

Isabel Cruz Villegas³⁴¹, Jericó Jabín Bello Bello³⁴², Carlos Cruz Cruz³⁴³, Marco Antonio Ramírez Mosqueda³⁴⁴ y Juan Antonio Pérez Sato^{341*}

Resumen

La micropropagación se refiere a la producción asexual de plantas utilizando técnicas de cultivo de tejidos vegetales (CTV). Los sistemas de inmersión temporal (SIT) se han propuesto como la mejor alternativa para la micropropagación a gran escala de especies con importancia agroalimentaria como lo es Vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks). En esta investigación se compararon diferentes sistemas de cultivo para la micropropagación de vainilla: sistemas de cultivo en medio semisólido, medio líquido en Inmersión Parcial (IP) y SIT en biorreactores SETIS™). Para todos los sistemas de cultivo se utilizó medio MS (Murashige y Skoog) suplementado con 2 mg/L de Bencilaminopurina y 30 g/L de sacarosa. A los 30 días de cultivo se evaluó el número y longitud de brotes, el número de hojas por brote y el porcentaje de supervivencia *ex vitro*. Los resultados mostraron que el SIT SETIS™ permitió alcanzar una tasa más elevada de multiplicación, con 11.41 ± 0.33 brotes/explante, mientras que en medio semisólido y medio líquido en IP la tasa de multiplicación fue menor, con 3.76 ± 0.20 y 6.53 ± 0.26 brotes/explante, respectivamente. Los diferentes sistemas de cultivo tuvieron un alto porcentaje de supervivencia *ex vitro*. Sin embargo, el biorreactor SETIS resultó el sistema de cultivo más eficiente en el desarrollo *in vitro* de los explantes. En conclusión, el biorreactor SETIS es una alternativa para la micropropagación a gran escala de *V. planifolia*.

³⁴¹ ¹ Colegio de Postgraduados campus Córdoba. Km 348 carr. federal Córdoba-Veracruz, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. 94946. * direccor@colpos.mx

³⁴² ² CONACYT-Colegio de Postgraduados campus Córdoba. Km 348 carr. federal Córdoba-Veracruz, congregación Manuel León, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., México. 94946.

³⁴³ ³ Universidad Veracruzana-Facultad de Ciencias Químicas. Oriente 6, No. 1009, Orizaba, Ver., México 94340.

³⁴⁴ ⁴ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana, municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., Mexico. 94945.





Palabras clave: inmersión temporal, micropropagación, biorreactor SETIS

Introducción

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) es una orquídea nativa de las selvas tropicales del sureste de México y América Central (Salazar-Rojas *et al.*, 2012). De ella se obtiene la vainillina, sustancia considerada como el saborizante más popular del mundo (Chattopadhyay *et al.*, 2018). De acuerdo con la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, esta especie se encuentra en riesgo, sujeta a protección especial (P). La propagación de vainilla es limitada debido a la baja viabilidad de la semilla y tasa de germinación, por esta razón, se propaga asexualmente por esquejes; sin embargo, este método no garantiza la salud de las nuevas plantaciones y se limita a un pequeño número de esquejes por planta donante (Spinoso-Castillo *et al.*, 2017).

Para atender esta problemática se han realizado diversas investigaciones para la producción de plantas *in vitro* en busca de un proceso más eficiente, implementando el uso de SIT. Los SIT son una de las principales y más actuales herramientas para la micropropagación. Esta técnica, nos permite semi-automatizar el proceso de la micropropagación para aumentar la producción de material vegetal sano a escala comercial (Georgiev *et al.*, 2014). Los SIT en la micropropagación de vainilla han sido estudiados por diferentes autores, tales como Bello-Bello *et al.* (2014) quienes indicaron que el sistema de cultivo en biorreactores es una excelente alternativa para la propagación *in vitro* de vainilla. Ramos-Castellá *et al.* (2014) utilizó el Recipiente de Inmersión Temporal Automatizado (RITA) en comparación con medios de cultivo semi-sólido y líquido, frecuencias de inmersión y volumen de medio por explante; posteriormente Ramírez-Mosqueda *et al.* (2016) compararon tres SIT: Biorreactor de Inmersión por Gravedad (BIG), Biorreactor de Inmersión Temporal (BIT) y RITA. Recientemente, Spinoso-Castillo *et al.* (2017) demostraron la eficiencia de RITA en la micropropagación de vainilla; sin embargo, es un sistema relativamente pequeño (1 L y con reserva de medio de 250 mL) para el escalado a nivel comercial. El SIT SETIS™ permite una máxima incidencia de luz en las plantas, este sistema es fácil de implementar y no tiene elementos internos que dificultan su manejo y con capacidad de 4 L de medio de cultivo, con





reservorio de medio de 3 L (Vervit, 2017). El objetivo de esta investigación fue comparar la eficiencia de un protocolo para la micropropagación de vainilla en medio de cultivo semisólido, medio líquido en IP y en biorreactores SETIS™.

Materiales y métodos

La investigación se realizó durante el periodo marzo-junio 2018 en el Laboratorio de CTV del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, km 348 carretera Federal Córdoba-Veracruz, C.P. 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Geográficamente se localiza a 19° 27' latitud N y 98° 53' longitud O, a 720 m de altitud. El cual tiene certificación fitosanitaria ante el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA-Certificado: 01-016-2/COLPOS/2018, por dos años (2018-2020). Esta certificación acredita al Laboratorio para la micropropagación de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), malanga (*Colocasia esculenta*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) libres de plagas y enfermedades.

Material vegetal

Los explantes iniciales fueron yemas axilares obtenidas de plantas madres de vainillas localizadas en invernadero de aclimatización del COLPOS-Campus Córdoba.

Los explantes se lavaron bajo un flujo de agua corriente por 45 minutos. Posteriormente se mantuvieron en agitación durante 30 minutos en una solución de Benomilo 1 g/L (Promyl®).

Una vez en la cámara de flujo laminar se procedió a desinfectar los explantes en soluciones de etanol al 70% v/v durante 30 s y en hipoclorito de sodio 0.6% v/v durante 20 minutos.

Finalmente, se aplicaron tres enjuagues con agua destilada estéril. Después de este tratamiento, los explantes se sumergieron nuevamente por 10 minutos en una solución al 0.3% de hipoclorito de sodio y se enjuagaron en tres ocasiones con agua destilada estéril.

Para la obtención de brotes y llevar a cabo la parte experimental se siguió la metodología por Lee-Espinoza *et al.* (2008). Para la multiplicación de vainilla en los diferentes sistemas de cultivo se utilizó el medio MS (Murashige y Skoog, 1962) previamente preparado en soluciones stock con una concentración de 100X, suplementado con sacarosa al 3% (azúcar comercial blanca refinada), Bencilaminopurina (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA)





como regulador de crecimiento. El pH de los medios utilizados fue ajustado con ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N e hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, se adiciono Phytigel® (Sigma-Aldrich Chemical Company, MO, USA) como agente gelificante únicamente a los medios semisólidos (CUADRO 1). Una vez finalizada la preparación del medio, estos se esterilizaron a 120°C por 20 minutos en autoclave (FE-299 Felisa®, MEX).

Cuadro 1. Medio de cultivo para multiplicación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews).

	Multiplicación Semisólido	Multiplicación Líquido
Medio MS	10 mL/L	10 mL/L
Sacarosa	30 g/L	30 g/L
Bencilaminopurina	2 mg/L	2 mg/L
Phytigel	2.5 g/L	0
pH	5.8	5.8

Micropropagación en diferentes sistemas de cultivo

Para el sistema de micropropagación en medio de cultivo semisólido y medio líquido en IP se utilizaron frascos de cristal de 500 mL. En cada frasco se colocó un total de tres explantes de vainilla de 1 cm aproximadamente y 20 mL de medio de cultivo. Para el sistema de biorreactor SETIS™ se colocaron 30 explantes por recipiente a razón de 40 mL de medio de cultivo por explante. El medio de cultivo utilizado fue el mismo descrito anteriormente (sin agente gelificante para el caso de IP y SIT). Todos los tratamientos se realizaron por triplicado. Para el funcionamiento de los biorreactores SETIS se utilizó un Controlador Lógico Programable conocido como PLC (por sus siglas en ingles “Programmable Logic Controller”) capaz de semi-automatizar el proceso. Este sistema fue programado para alimentar a los biorreactores con una presión positiva originaria de una compresora, la cual envía una presión de 1.8 kgcm⁻² a los biorreactores a través de líneas de tubos conectados directamente a los filtros de entrada de aire, para impedir el paso de microorganismos. Los tiempos y frecuencia de inmersión fueron de 2 minutos cada 4 h. Transcurrido 30 días de cultivo se evaluó las variables número y longitud de brotes y número de hojas.

Los brotes evaluados se tomaron de 10 explantes tomados al azar de cada repetición de todos los sistemas de cultivo. Únicamente se tomó en cuenta brotes que tenían como mínimo





una hoja. La longitud de los brotes se midió colocándolos sobre un papel junto a una regla milimétrica. Se contabilizaron las hojas desarrolladas que contenía cada brote evaluado.

Aclimatización

Se utilizaron brotes de al menos 3 cm de longitud sin pasar por etapa de enraizamiento. Para esta etapa los sistemas de cultivo se sacaron del área de incubación dos días previos a ser transferidas las plantas a invernadero, se despresionaron las tapas de los sistemas con el fin de romper con la atmósfera controlada y para que la planta pasara por un proceso de endurecimiento antes de su aclimatización *ex vitro*. Transcurrido dos días las vainillas se colocaron en agua corriente con 1 g/L de fertilizante foliar (Gro-green® CAMPBELL Co. DE ROCHELLE, ILL. USA) durante 30 minutos y posteriormente fueron sembradas en charolas de 72 cavidades con sustrato peat moss y agrolita (1:1) previamente esterilizados. Una vez sembradas las plántulas se colocó un domo sobre cada charola, se sellaron con plástico adherible para controlar la temperatura exterior. Las charolas fueron llevadas a invernadero, se colocaron en el área de malla sombra (60% de sombra) durante dos semanas. Posteriormente fue evaluado el porcentaje de supervivencia *ex vitro* de las plantas obtenidas en los diferentes sistemas de cultivo.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado. Los datos se procesaron utilizando el paquete estadístico SPSS 22 (para Windows). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias de acuerdo a Tukey ($p \leq 0.05$), cuando fue requerido. La transformación de arcoseno se realizó para los datos experimentales tomados en porcentajes antes de someterlos al análisis estadístico.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los sistemas de cultivo para las variables evaluadas (Cuadro 1). El mayor número de brotes se obtuvo en SETIS™, con 11.41 ± 0.33 brotes por explante, seguido del sistema de IP con 6.53 ± 0.26 brotes por





explante. Mientras que, la menor producción de brotes se obtuvo en el sistema de cultivo en medio semisólido con 3.76 ± 0.20 brotes por explante. Respecto a la longitud del brote, la mayor altura se observó en el sistema SETIS™ (4.24 ± 0.16 cm) presentando diferencias significativas con los sistemas IP (6.53 ± 0.26) y medio semisólido (3.76 ± 0.20). Para el número de hojas, el biorreactor SETIS™ presentó el mayor número de hojas (3.72 ± 0.23) por explante, seguido por el sistema IP (2.00 ± 0.19) y cultivo en medio semisólido con la menor cantidad de hojas (1.38 ± 0.14) por explante. En cuanto al porcentaje de aclimatización, todos los explantes respondieron al 100%.

Cuadro 1. Efecto de sistemas de cultivo *in vitro* en el desarrollo de brotes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews).

Sistemas de cultivo	No. De brotes/explante	Longitud de brotes (cm)	No. de hojas/brote
Semisólido	3.76 ± 0.20^c	2.61 ± 0.21^c	1.38 ± 0.14^c
Inmersión parcial	6.53 ± 0.26^b	3.34 ± 0.16^b	2.00 ± 0.19^b
Inmersión temporal: SETIS™	11.41 ± 0.33^a	4.24 ± 0.16^a	3.72 ± 0.23^a

* Los valores representan la media \pm EE (Error Estándar). Medias con diferente letra dentro de la columna son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$), a los 30 días de cultivo.

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la eficiencia del biorreactor SETIS™ en la proliferación de brotes de vainilla respecto al sistema de cultivo líquido en IP y en medio semisólido. El biorreactor SETIS™ generó brotes con un mejor desarrollo a pesar de tener una mayor tasa de multiplicación y por lo tanto una mayor competencia en cuanto a disponibilidad de espacio, agua, luz y nutrientes. Esto debido a que SETIS™ dispone de un espacio horizontal, donde los explantes tienen una adecuada distribución del medio de cultivo, sin dejar restos de medio realizando el principio correcto de la IT. Además, está construido por vasos de policarbonato y tapas de rosca de polipropileno permitiendo mayor paso de luz, la cual es un factor importante que controla el desarrollo de las plantas.

Nuestros resultados concuerdan con los reportados por Bello-Bello *et al.* (2014), Ramos-Castellá *et al.* (2014) y Ramírez-Mosqueda *et al.* (2016), quienes también demostraron la eficiencia de los SIT. Los SIT permiten la renovación del espacio atmosférico permitiendo la entrada de gases y el enriquecimiento de CO₂ previniendo que este se acumule (Steingroewer *et al.*, 2013). Este mecanismo permite que las plantas *in vitro* puedan presentar una mayor





actividad fotosintética preparando a las plantas para su posterior transferencia a *ex vitro* (Aragón *et al.*, 2005; Roels *et al.*, 2006).

Conclusiones

1. El biorreactor SETIS™ es un sistema eficiente para la micropropagación de vainilla proporcionando una mayor cantidad de plantas *in vitro* y más vigorosas. 2. Los sistemas de cultivo estudiados en esta investigación producen plantas de vainilla con una alta supervivencia *ex vitro* aun cuando estas no pasen por una etapa de enraizamiento previo a su aclimatización. 3. En el laboratorio de CTV del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, se cuenta con un protocolo eficiente y reproducible para la micropropagación de vainilla.

Literatura citada

- Aragón, C. E., M. Escalona., I. Capote., D. Pina., I. Cejas., R. Rodriguez. y J. Gonzalez-Olmedo. 2005. Photosynthesis and carbon metabolism in plantain (*Musa AAB*) plantlets growing in temporary immersion bioreactors and during *ex vitro* acclimatization. *In Vitro Cellular and Developmental Biology Plant* 41(4):550-554.
- Chattopadhyay, P., G. Banerjee. y S. K. Sen. 2018. Cleaner production of vanillin through biotransformation of ferulic acid esters from agroresidue by *Streptomyces sannanensis*. *Journal of Cleaner Production* 182:272-279.
- Georgiev, V., A. Schumann., A. Pavlov. y T. Bley. 2014. Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in Life Sciences* 14(6):607-621.
- Bello-Bello, J. J., J. J. Spinoso-Castillo. y L. G. Iglesias-Andreu. 2014. Establecimiento de un sistema de biorreactores para la micropropagación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *AGRO productividad* 63-68.





- Lee-Espinosa, H. E., J. Murguía-González., B. García-Rosas., A. L. Córdova-Contreras., A. Laguna-Cerda., J. O. Mijangos-Cortés. *et al.* 2008. *In vitro* clonal propagation of vanilla (*Vanilla planifolia* 'Andrews'). *Hortic. Sci.* 43:454-458.
- Murashige, T., y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth y bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant* 15:473-497.
- Ramírez-Mosqueda, M. A., y L. G. Iglesias-Andreu. 2016. Evaluation of different temporary immersion systems (BIT[®], BIG, and RITA[®]) in the micropropagation of *Vanilla planifolia* Jacks. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant* 52(2):154-160.
- Ramos-Castellá, A., L. G. Iglesias-Andreu., J. J. Bello-Bello. y H. Lee-Espinosa. 2014. Improved propagation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant* 50(5):576-581.
- Roels, S., C. Noceda., M. Escalona., J. Sandoval., M. J. Canal., R. Rodriguez. y P. Debergh. 2006. The effect of headspace renewal in a temporary immersion bioreactor on plantain (*Musa AAB*) shoot proliferation and quality. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 84(2):155-163.
- Salazar-Rojas V.M., B. E. Herrera-Cabrera., A. Delgado-Alvarado., M. Soto-Hernández., F. Castillo-González. y M. Cobos-Peralta. 2012. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (*Orchidaceae*) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genet. Res. Crop Evol.* 59:875-887.
- Spinoso-Castillo, J. J., R. A. Chavez-Santoscoy., N. Bogdanchikova., J. A. Pérez-Sato., V. Morales-Ramos. y J. J. Bello-Bello. 2017. Antimicrobial and hormetic effects of silver nanoparticles on *in vitro* regeneration of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) using a temporary immersion system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 129(2):195-207.
- Steingroewer, J., T. Bley., V. Georgiev., I. Ivanov., F. Lenk., A. Marchev. y A. Pavlov. 2013. Bioprocessing of differentiated plant in vitro systems. *Engineering in Life Sciences* 13(1):26-38.
- Vervit. 2017. SETIS™ Bioreactor Temporary immersion systems in plant micropropagation. Belgica.<http://www.setis-systems.be>





CRECIMIENTO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) POR EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES BAJO ESTRÉS HÍDRICO

Angela Michelle González López³⁴⁵, Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar³⁴⁵, Cecilia Guizar González³⁴⁵, Jhony Navat Enríquez Vara³⁴⁵ y Gabriel Rincón Enríquez^{345*}

Resumen

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman asociaciones simbióticas con un gran número de especies vegetales. Actualmente se encuentran reportados los múltiples beneficios que estos confieren a las plantas, tales como la mejora en la toma de nutrientes del suelo y por lo tanto promoción del crecimiento, protección ante patógenos y mitigación de estrés salino e hídrico. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de dos especies y dos consorcios de HMA, junto con el estrés hídrico, en el crecimiento del guanábano (*Annona muricata* L.). Para cumplir con tal propósito, se estableció un experimento bajo condiciones de invernadero, utilizando plántulas de 60 días de germinación. Se planteó un diseño bifactorial, evaluando como primer factor dos consorcios micorrízicos provenientes de la rizosfera de *Agave cupreata* de Michoacán, (Cerro del Metate y Agua Dulce), las especies *Rhizophagus intraradices* y *Funneliformis mosseae* y un control negativo sin HMA. Como segundo factor se evaluó dos niveles de riego (capacidad de campo y media capacidad de campo). A los seis meses después del establecimiento del experimento, se evaluaron dos variables de crecimiento: altura de planta y diámetro de tallo. Las plantas sin HMA y las inoculadas con *R. intraradices* mostraron una menor altura (31 y 34 cm, respectivamente). Sin embargo, en los tratamientos inoculados con el consorcio micorrízico Cerro del Metate se observó una mayor altura (50.7 ± 1.4 cm) y diámetro de tallo (6.8 ± 0.1 mm) de acuerdo con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$); así como también, las plantas regadas a capacidad de campo presentaron un crecimiento significadamente superior respecto a las que se les aplicó la mitad de riego (Tukey, $P \leq 0.05$). A pesar de esto, no se encontró una interacción entre los dos factores evaluados (HMA y riego). Por lo que se

³⁴⁵ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal. *grincon@ciatej.mx





requiere de la evaluación de más variables morfo-fisiológicas y estudios más prolongados, para comprender el efecto de los HMA en el estrés hídrico en *A. muricata*. No obstante, en este trabajo se encontró que el consorcio de HMA Cerro del Metate es un inoculante con capacidad de promoción en el crecimiento del guanábano en etapa de vivero.

Palabras clave: graviola, simbiosis micorrízica, crecimiento vegetal, asociación simbiótica

Introducción

Annona muricata es un árbol frutal comúnmente conocido como guanabana o graviola; la cual es una especie de talla pequeña y perenne, que fue domesticada ancestralmente en las regiones tropicales de Sudamérica (Pinto, 2005). Esta planta es utilizada con fines alimenticios, debido a que su fruto es consumido en varias regiones del mundo, sin embargo, actualmente ha surgido un interés farmacéutico debido a la gran cantidad de propiedades con actividad biológica que se le atribuyen, tales como agente antitumoral, antioxidante, antimicrobial, larvicida, insecticida, antidiabética, gastroprotectiva y hepatoprotectiva (Coria *et al.*, 2018). Igual que otras especies del género *Annona*, todas las partes del árbol son utilizadas en la medicina tradicional, decocciones de las semillas, hojas, tallo y fruto son empleadas como remedios caseros (Moghadamtousi *et al.*, 2015). A esta especie se le han atribuido un sin número de beneficios a la salud, debido a que posee una gran cantidad de moléculas bioactivas (Agu y Okolie, 2017). Las acetogeninas son los componentes bioactivos mayoritarios en el guanábano, seguidos de los alcaloides y fenoles, entre otros más (Coria *et al.*, 2018). La pulpa del fruto es utilizada para elaborar jugos, nieves, mermeladas, entre otros productos. Los sistemas de producción agrícola del guanábano son establecidos en condiciones de temporal o con sistemas de riego con baja disponibilidad de agua, por lo cual el estrés hídrico es un factor que influye en la producción de este cultivo frutícola, por lo cual es significativo investigar al respecto de esta condición de producción. En México se producen anualmente más de 16,000 t de guanabana, los estados que destacan en su producción son Nayarit, Colima y Michoacán; el valor del producto es de \$102'000,000.00 anuales (SAGARPA, 2016).





Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son simbiontes obligados, los cuales forman asociaciones simbióticas con aproximadamente el 80% de las plantas terrestres (Berruti *et al.*, 2015). La consecuencia del establecimiento de esta asociación se ve reflejada en el crecimiento de la planta, debido al incremento en la toma de nutrientes de suelo, especialmente del fósforo (Bolan, 1991). El micelio del hongo emerge y entra en las células corticales de la raíz formando estructuras ramificadas denominadas arbusculos, a su vez el resto del micelio que está en contacto con el suelo adquiere nutrientes del mismo para translocarlos a la planta, así las raíces pueden tener acceso a nutrientes que serían inaccesibles sin la ayuda de estos simbiontes (Smith *et al.*, 2000). Sin embargo, los HMA también provocan otros efectos en las plantas como la protección ante ciertos patógenos (Trinidad *et al.*, 2017a) o el incremento en la concentración de ciertos metabolitos primarios y secundarios (Valdirene *et al.*, 2015). Debido a que *A. muricata* es una especie de interés alimentario y naciente interés farmacéutico, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos especies y dos consorcios de HMA y su interacción con el estrés hídrico, en la promoción del crecimiento de la guanábana a nivel de invernadero.

Materiales y métodos

Semillas de *A. muricata* fueron germinadas en condiciones de invernadero, las semillas se embebieron en agua destilada durante 72 h a 30°C y en agitación constante (200 rpm), posteriormente fueron desinfectadas con cloro al 50% durante 10 minutos y se colocaron en charolas de germinación con arena previamente esterilizada (120°C, 1.05 kg/cm, 6 h). Los consorcios de HMA denominados Cerro del Metate (CM) y Agua Dulce (AD) fueron empleados en este experimento, así como las especies *Rhizophagus intraradices* N. C. Schenck y G.S. Smith (RI) y *Funneliformis mosseae* T.H. Nicolson and Gerdemann (FM), estos obtenidos del Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ). Los consorcios CM y AD fueron aislados de suelos agaveros del estado de Michoacán (Trinidad *et al.*, 2017b). Se estableció un diseño experimental bifactorial, con cinco niveles para el factor HMA: CM, AD, RI, FM y la ausencia de HMA (SN); y dos niveles para el factor riego,





capacidad de campo (CC) y media capacidad de campo (MC); evaluándose 10 tratamientos con seis repeticiones cada uno. Para el establecimiento del experimento plántulas de 60 días post-germinación fueron colocadas en macetas de 15 L de capacidad con 13.6 kg de sustrato estéril (arena, sustrato y perlita, proporción: 6:3:1, v:v:v). La inoculación de los HMA se realizó durante la fase de trasplante, se ajustó el número de esporas para los cuatro inóculos a 100. Para el tratamiento control sin HMA la inoculación se hizo con una porción de sustrato estéril. Para mantener el riego a capacidad CC y MC la capacidad de retención de agua (2.5 L) fue suministrada cada 10 días para los tratamientos CC y cada 20 días para los tratamientos MC. El desarrollo del experimento se realizó en el invernadero de fitopatología en CIATEJ (sede Zapopan). Como variables de respuesta al final del experimento se midió la altura de la planta y el diámetro del tallo; la altura de la planta (cm) se determinó con un flexómetro y el diámetro de la parte basal del tallo mediante un vernier digital. El experimento tuvo una duración de seis meses. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) empleando un modelo factorial, así como una prueba de comparaciones múltiples de media de Tukey ($P \leq 0.05$). Estos análisis fueron realizados con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint, 2005).

Resultados y discusión

Los resultados mostrados corresponden al sexto mes después del establecimiento del experimento. Las variables altura de planta y diámetro del tallo fueron afectadas por la inoculación con los consorcios y las especies de HMA. De la comparación entre todos los tratamientos, MC/RI y MC/SN fueron los que presentaron una menor altura de planta (23.6 ± 2.7 y 26.1 ± 1.3 cm; $P \leq 0.05$) en comparación al resto de los tratamientos (Figura 1A). Los resultados obtenidos de la variable diámetro de tallo mostraron a los tratamientos MC/SN, MC/RI y MC/FM con un menor grosor de tallo (3.7 ± 0.18 , 3.97 ± 0.48 , 4.7 ± 0.38 mm; $P \leq 0.05$) a comparación de los tratamientos CC/CM, CC/AD, CC/FM y CC/RI (6.8 ± 0.17 , 5.9 ± 0.45 , 6.06 ± 0.22 , 6.0 ± 0.54 mm) (Figura 1B).



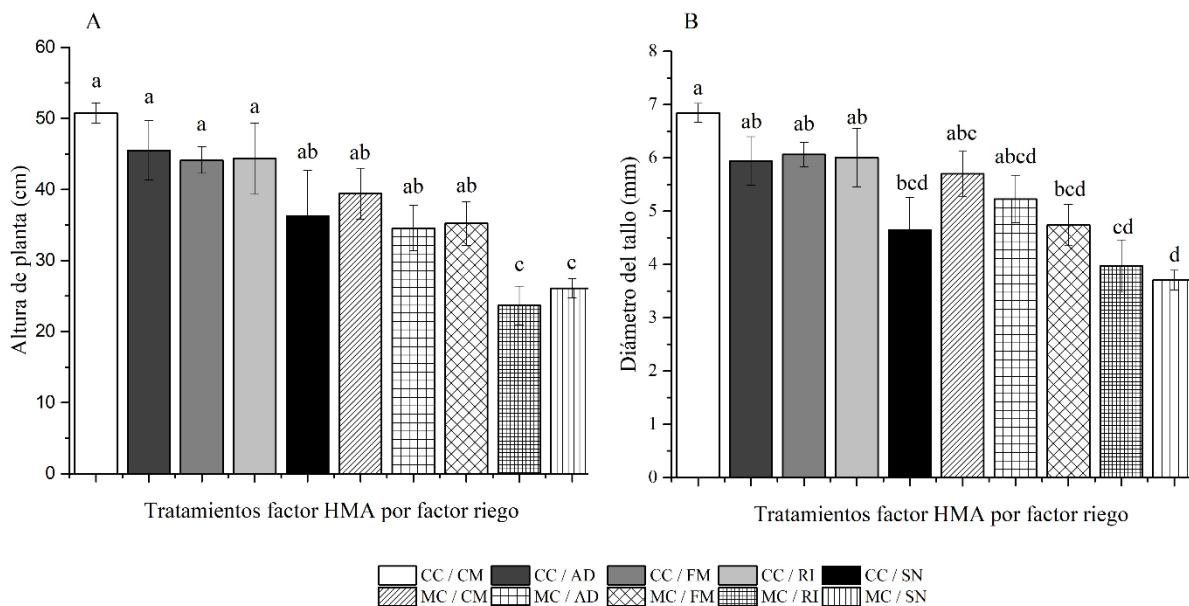


Figura 1. Efecto de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) sobre el crecimiento en altura (cm) (A) y diámetro de tallo (mm) (B) de *Annona muricata* en dos condiciones de irrigación. HMA: Cerro del Metate (CM), Agua Dulce (AD), *Funneliformis mosseae* (FM), *Rhizophagus intraradices* (RI) y sin HMA (SN). Condiciones de irrigación: Capacidad de Campo (CC) y Media Capacidad (MC). Las barras en las columnas indican el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

A pesar de que el análisis estadístico muestra un amplio grupo de efecto similar en distintos tratamientos que promueve el crecimiento de las plantas, se observa una tendencia en ambas variables (altura de planta y diámetro de tallo), los tratamientos con el consorcio CM de HMA son los que presentan valores más altos. Por otra parte, esta inferencia es reafirmada con el ANOVA realizado por factores. La especie *R. intraradices* y el control sin HMA fueron iguales respecto al crecimiento de la planta ($P \leq 0.05$), a diferencia de las plantas inoculadas con el consorcio CM (Figura 2A), este resultado es similar para la variable diámetro de tallo ($P \leq 0.05$) (Figura 2B).

Los presentes resultados concuerdan con los reportados por Reyes *et al.* (2015) donde se señala al consorcio CM como el que tuvo un mayor efecto en el crecimiento de plantas de maíz. A pesar de que están reportados apenas un par de investigaciones sobre el efecto de los HMA en el crecimiento de *A. muricata*, hay varias investigaciones sobre el efecto de la simbiosis micorrízica en el crecimiento de algunas especies del género *Annona*. Coelho *et al.* (2012) reportan un incremento en el crecimiento de *Annona squamosa* promovido por *Gigaspora albida*, cuando esta es crecida en suelo no fertilizado, similar a este resultado.



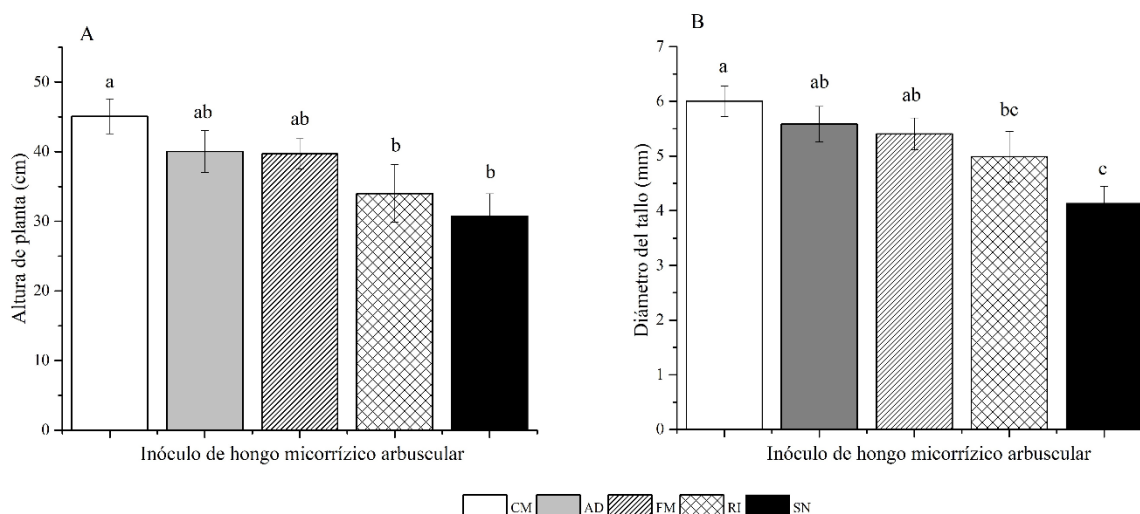


Figura 2. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el crecimiento en altura (cm) (A) y diámetro de tallo (mm) (B) de *Annona muricata*. HMA: Cerro del Metate (CM), Agua Dulce (AD), *Funneliformis mosseae* (FM), *Rhizophagus intraradices* (RI) y sin HMA (SN). Las barras en las columnas indican el error estándar. Diferentes letras señalan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Ojha *et al.* (2008) muestran, en esta misma especie vegetal, un incremento significativo en la altura de planta, peso fresco y seco de raíces y brotes promovido por *Glomus fasciculatum*. Azcón *et al.* (1996) reportan que la colonización de *Annona cherimola* por *R. intraradices* incrementa la longitud de raíz, peso seco de raíz, peso fresco de tallo, área foliar y número de hojas. Específicamente en *A. muricata*, se ha reportado el aumento en la altura de planta y en el diámetro de tallo, respecto al testigo, debido a la interacción con especies de HMA como *Scutellospora heterogama*, *Gigaspora sp.*, *Entrophospora colombiana* y *Gigaspora margarita* (Chu *et al.*, 2001), así como también Da Silva *et al.* (2008) ha reportado el efecto positivo en el crecimiento del guanábano (altura de planta, diámetro de tallo y materia seca de raíz) por *Acaulospora longula*. El efecto benéfico en la nutrición y el desarrollo vegetal comienza con el micelio extra radical, el cual no solo extiende el área de absorción del suelo (Azcón *et al.*, 2003), sino que facilita la adquisición de nutrientes poco accesibles para las plantas, particularmente el fósforo (Smith *et al.*, 2003), promoviendo de esta manera el crecimiento de la planta (Tarraf *et al.*, 2017).

El nivel de humedad en el sustrato afectó el crecimiento en *A. muricata*. El ANOVA realizado para el factor riego indicó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre el riego CC y MC. La altura de planta, así como el diámetro del tallo fueron mayores en los tratamientos CC (Figura 3). El

estrés hídrico es considerado como una moderada pérdida de agua, la cual consecuentemente contribuye al cierre de estomas y limitación del intercambio gaseoso, además de tener otros efectos como falta de turgencia celular, marchitez y reducción del crecimiento (De Oliveira *et al.*, 2013).

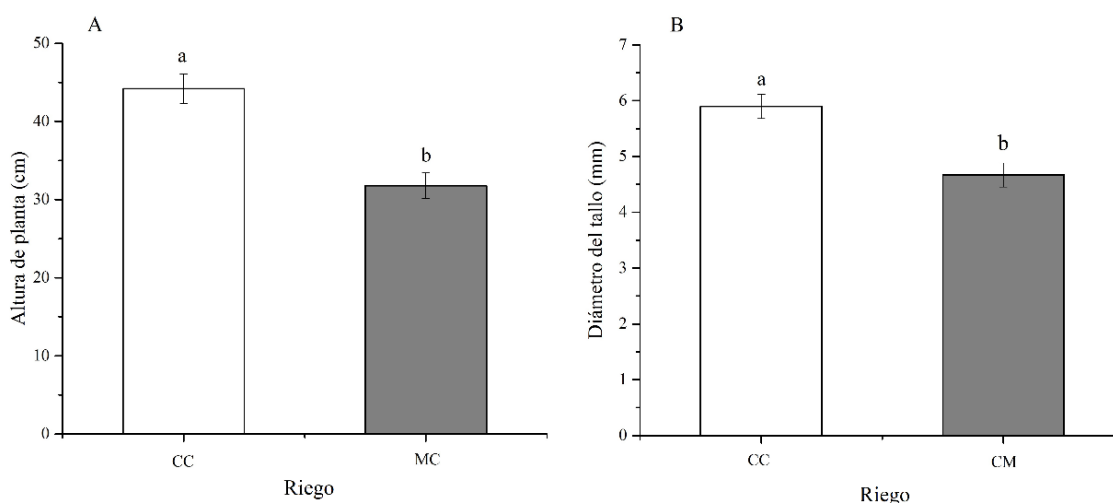


Figura 3. Efecto de la disponibilidad de humedad en el suelo sobre el crecimiento en altura (cm) (A) y diámetro de tallo (mm) (B) de *Annona muricata*. Capacidad de Campo (CC) y Media Capacidad de campo (MC). Las barras en las columnas indican el error estándar. Diferentes letras indican diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Estudios en plantas de maíz han mostrado resultados similares, donde el estrés hídrico inducido en ciertas etapas del desarrollo de la planta reduce el tamaño de esta y el desarrollo del área foliar (Cakir, 2004). Los HMA además de promover el crecimiento de la planta, protegen a su hospedero del estrés ambiental, algunos reportes manifiestan la capacidad de especies micorrízicas, como *F. mosseae*, para mitigar el retraso en el crecimiento y prolongar la duración de plantas de sorgo bajo condiciones de estrés hídrico (Sun *et al.*, 2017)

A pesar de que el factor riego y el factor HMA individualmente si presentan un efecto sobre las variables morfométricas, el ANOVA no mostró una diferencia significativa en la interacción entre estos dos factores ($p=0.4624$). Sin embargo, los tratamientos inoculados con el consorcio Cerro del Metate presentaron una mayor altura y diámetro en ambas condiciones (CC y MC), por lo que se podría proponer una posible interacción con este consorcio, lo cual podría mitigar el estrés generado en la planta por el déficit hídrico.



Conclusiones

1. Los tratamientos sin HMA e inoculados con *R. intraradices* mostraron los menores valores de altura de planta y diámetro de tallo con respecto a los tratamientos inoculados con el consorcio CM de HMA, los cuales mostraron los valores significativamente mayores. 2. El ANOVA por factor HMA determinó que este consorcio de HMA fue el que promovió un mayor crecimiento en plantas de *A. muricata* en condiciones de invernadero. 3. Para el factor riego no se encontró interacción con la simbiosis micorrícica, para esto se requiere futuras investigaciones donde se puedan considerar variables de respuesta de tipo fisiológicas como conductancia estomática, tasa fotosintética, contenido de clorofila para poder determinar las posibles interacciones entre los HMA y el estrés hídrico.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por proyectos del Laboratorio de Fitopatología del CIATEJ y mediante el proyecto 293362 del CONACYT a través del Laboratorio Nacional PLANTECC. AMGL agradece a CONACyT por la beca de estudios de maestría. Las Dras. E. E. Quiñones Aguilar y C. Guízar González participaron como codirectoras de este trabajo de tesis de maestría. Los autores agradecen el apoyo técnico del Mtro. S. D. Valerio Landa y de la Biol. M. Ríos Sandoval.

Literatura citada

- Agu, K. C. and P. M. Okolie. 2017. Proximate composition, phytochemical analysis, and in vitro antioxidant potentials of extracts of *Annona muricata* (Soursop). Food Sci. Nutr. 5:1029-1036.
- Azcón, R., E. Ambrosano and C. Charest. 2003. Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. Plant Sci. 165:1137-1145.





- Azcón, A. C., I. G. Padilla and C. L. Encina. 1996. Arbuscular mycorrhizal inoculation enhances plant growth and changes root system morphology in micropropagated *Annona cherimola* Mill. *Agronomie* 16:647-652.
- Berruti, A., E. Lumini, R. Balestrini and V. Bianciotto. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. *Front Microbiol.* 6:1559.
- Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant Soil* 134:189-207.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* 89:1-16.
- Chu, E. Y., M. R. Freire M. e J. G. de Carvalho. 2001. Efeitos da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira em solo fumigado e não fumigado. *Pesq. Agropec. Bras.* 36:671-680.
- Coelho, I. R., U. M. Tiburico C., M. A. Silva C. e F. S. Barbosa da S. 2012. Uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na promoção do crescimento de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L., Annonaceae). *Acta Bot. Bras.* 26:933-937.
- Coria, T. A. V., E. Montalvo G., E. M. Yahia y E. N. Obledo V. 2018. *Annona muricata*: a comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanism of action and toxicity. *Arabian J. Chem.* 11: 662-691. doi:10.1016/j.arabjc.2016.01.004
- Da Silva, D. K., F. S. Da Silva B., A. M. Yano M. e L. Maia C. 2008. Uso de vermicomposto favorece o crescimento de mudas de gravioleira (*Annona muricata* L. 'Morada') associadas a fungos micorrízicos arbusculares. *Acta Bot. Bras.* 22:863-869.
- De Oliveira, A. B., N. L. Mendes and E. Gomes F. 2013. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. p. 1-28. *In: Akinci, S. (ed.). Responses of organisms to water stress. InTech.* <https://www.intechopen.com/books/responses-of-organisms-to-water-stress>. [consultado del 15 de julio de 2018].
- Moghadamtousi, S. Z., M. Fadaeinasab, S. Nikzad, G. Mohan, H. M. Ali and H. A. Kadir. 2015. *Annona muricata* (Annonaceae): a review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities. *Int. J. Mol. Sci.* 16:15625-15658.





- Ojha, S., M. R. Chakraborty, S. Dutta and N. C. Chatterjee. 2008. Influence of VAM on nutrient uptake and growth of custard-apple. *Asian J. Exp. Sci.* 22:221-224.
- Pinto, A. C. Q. 2005. Origin and distribution. p. 17-20. *In*: Williams J. T., R.W. Smith, A. Hughes, N. Haq, C. R. Clement (eds.). *Annona species*. International Centre Underutilised Crops. University of Southampton, Southampton, UK.
- Reyes, T. A, G. Rincón E. y E. E. Quiñones A. 2015. Evaluación de consorcios micorrícicos arbusculares en el crecimiento vegetal de plantas de maíz, chile y frijol. *Biológicas* 7(2):35-42.
- SAGARPA. 2016. Guanábana: exótica, deliciosa y saludable. <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/guanabana-exotica-deliciosa-y-saludable?idiom=es%20%20%20>. [consultado el 23 de julio de 2018].
- Smith, F. A., I. Jakobsen and S. E. Smith. 2000. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. *New Phytol.* 147:357-366.
- Smith, S. E., F. A. Smith and I. Jakobsen. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant Physiol.* 133:16-20.
- StatPoint Inc. 2005. StatGraphics Centurion XV version 15.02.06. Warrenton, Virginia. USA.
- Sun, X., J. Shi and G. Ding. 2017. Combined effects of arbuscular mycorrhiza and drought stress on plant growth and mortality of forage sorghum. *Appl. Soil Ecol.* 119:384-391.
- Tarraf, W., C. Ruta, A. Tagarelli, F. De Cillis and G. De Mastro. 2017. Influence of arbuscular mycorrhizae on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of *Salvia officinalis* L. *Ind. Crops Prod.* 102:144-153.
- Trinidad, C. J. R., E. E. Quiñones A., G. Rincón E., L. López P., L. V. Hernández C. 2017a. Mycorrhization of *Agave cupreata*: Biocontrol of *Fusarium oxysporum* and plant growth promotion. *Rev. Mex. Fitopatol.* 35:151-169. doi: 10.18781/R.MEX.FIT.1607-5.
- Trinidad, C. J. T., E. E. Quiñones A., L. V. Hernández C., L. L. López P. y G. Rincón E. 2017b. Hongos micorrícicos arbusculares asociados a la rizósfera de *Agave cupreata* en regiones mezcaleras del estado de Michoacán, México. *Sci. Fungorum* 45:13-25.
- Valdirene, M., L. Pedone B., F. S. da Silva B. and L. Maia C. 2015. Production of secondary metabolites by mycorrhizal plants with medicinal or nutritional potential. *Acta Physiol. Plant* 37:27.





EXPRESIÓN DEL PEPTIDO DE MEMBRANA C6XFB8 DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*, MEDIANTE ELECTORORESIS EN POLIACRILAMIDA PAGE-SDS

Isidro Humberto Almeyda León^{346*}, María Genoveva Álvarez Ojeda³⁴⁷, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quiblera³⁴⁸, Alberto Mendoza Herrera^{349†}, Ana Belén Hernández Hernández³⁵⁰ y Roberto Omar Castañeda Arreola³⁵¹

Resumen

Este trabajo se realizó con el objetivo de expresar el péptido de membrana externa C6XB8 de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas) y su detección mediante electroforesis en geles de poliacrilamida al 12%, bajo condiciones desnaturalizantes (PAGE-SDS). La secuencia de CaLas, se obtuvo en la base de datos del National Center Biotechnology International (NCBI). El marco de lectura abierto, por sus siglas en inglés Open Reading Frame (ORF), fue revisado y modificado. Mediante el programa CLC Main Workbench 7, se verificó que el codón de inicio y término estuviera acoplado al vector y se sintetizó el vector pET22b+. La transformación genética se realizó usando células One Shot TOP10 químicamente competentes y se hicieron minipreparaciones de las clonas transformadas mediante el método de lisis alcalina. El ADN plasmídico fue subclonado en células BL21 (DE3), con las clonas obtenidas se realizó una cinética de crecimiento para conocer en que momento y a que concentración se debía aplicar el inductor metabólico isopropil β -D-1 tiogalactopiranosido (IPTG) y de esta manera expresar la proteína C6XFB8 en la mayor cantidad posible. Se obtuvo la inducción de la expresión de la proteína y se detectó su presencia mediante análisis en SDS-PAGE y Western blot. La mejor concentración del inductor para expresar el péptido recombinante del gen *omp1* de *Candidatus Liberibacter asiaticus* bajo el promotor T7lac fue de 0.8 mM.

³⁴⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental General Terán.

* almeyda.isidro@inifap.gob.mx

³⁴⁷ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo.

³⁴⁸ ³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco.

³⁴⁹ ⁴ Instituto Politécnico Nacional. Centro de Biotecnología Genómica†.

³⁵⁰ ⁵ Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa, RODE.

³⁵¹ ⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta.





Palabras clave: HLB, péptido C6XFB8M, *Candidatus Liberibacter asiaticus*

Introducción

La agroindustria cítrica de México se encuentra seriamente amenazada por la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB), la cual se detectó por primera vez en México en julio de 2009 en árboles de limón mexicano en áreas urbanas de la península de Yucatán (Trujillo, 2010). Posteriormente la enfermedad se reportó en plantaciones de la misma especie en los estados de Nayarit y Jalisco y en abril de 2010 se informó de la presencia del HLB en la región productora de limón mexicano de Tecomán, Colima (Trujillo, 2010).

Esta enfermedad es causada por una alfa proteobacteria Gram negativa, del género *Candidatus Liberibacter*, no cultivable, que se restringe a los tubos cribosos del floema, donde proliferan en las células del sistema vascular que transporta la savia elaborada, que alimenta las partes activas del árbol (Jagoueix *et al.*, 1994). Con base en la comparación de secuencias de nucleótidos de los genes de proteínas ribosomales se propusieron tres especies en rutáceas: *Ca. Liberibacter africanus*, *Ca. Liberibacter asiaticus* y *Ca. Liberibacter americanus*, y una cuarta especie: *Ca. Liberibacter solanacearum*, detectada en solanáceas (Liefting *et al.*, 2008).

El empleo de técnicas moleculares como PCR punto final y PCR tiempo real (QT-PCR) desarrolladas por Li *et al* (2006, 2007), se basan en el uso de iniciadores de PCR que amplifican las secuencias de ADN de las bacterias asociadas al HLB. Los métodos del PCR convencional emplean iniciadores específicos que amplifican secuencias de los genes 16S ribosomales e iniciadores basados en genes proteínicos (operon-B) (Teixeira *et al.*, 2005; Manjunath *et al.*, 2008). Otros métodos de diagnóstico son los inmunológicos debido a que son económicos, rápidos, sensibles y específicos, pueden ser aplicados en campo como en el laboratorio, pero actualmente no se ha desarrollado ninguno para la detección del HLB.

Las proteínas de membrana externa (OMP) son estructuras muy importantes en la patogénesis de enfermedades. Muchos de estos compuestos están involucrados en la captación de hierro y en la adhesión, lo cual es importante para el establecimiento y supervivencia de la bacteria (Boyce *et al.*, 2012). En la actualidad existen distintos sistemas





de expresión de proteínas basadas en cultivos celulares de mamíferos, insectos, levaduras, bacterias y sistemas libres de células, de los cuales el de bacterias ha demostrado ser un método eficiente para la producción de proteínas recombinantes debido al bajo costo del material, a la alta productividad, y su uso sencillo y rápido. El objetivo de este trabajo fue expresar el péptido de membrana externa C6XFB8 que codifica para el gen *omp* de la proteína externa de *Candidatus Liberibacter asiaticus* y su detección mediante electroforesis en geles de poliacrilamida PAGE-SDS.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó durante los años 2017 y 2018 en los laboratorios de biotecnología del Campo Experimental Río Bravo y del Campo Experimental General Terán, ambos del centro de Investigación Regional Noreste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias.

Análisis del genoma de *Candidatus Liberibacter asiaticus*

La obtención de las secuencias de aminoácidos de las proteínas de membrana externa en el genoma de *Ca. Liberibacter asiaticus* se realizó mediante el análisis de las bases de datos del NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) y Uniprot (<http://www.uniprot.org>).

Alineamiento de las secuencias aminoácidos de las proteínas de membrana externa

Los alineamientos de las secuencias de aminoácidos obtenidas se realizaron mediante las bases de datos NCBI, UniprotKb y Clustal Omega. Este último fue utilizado en virtud de que el algoritmo de la familia del Clustal, presentan un mejor comportamiento para proteínas dentro de los programas de alineamiento múltiple, ya que reducen las posibilidades de la introducción o amplificación de un gap en una posición errónea.





Predicción de la función de las proteínas de membrana externa mediante análisis bioinformáticos

La predicción de la función de las proteínas de membrana externa se realizó con la finalidad de establecer si presentaban capacidad antigénica, lo cual se realizó mediante la plataforma www.predictprotein.org/ y con el programa Blast2go800 (Run Blast, Mapping, Annotation, Inter ProScan) este último en conjunto con las bases de datos HhPred/HhSearch y Pfam.

Diseño de iniciadores

Para amplificar la secuencia del gen que codifica para la proteína con capacidad antigénica se diseñaron iniciadores mediante los programas DNASTars y Oligo 7, los cuales, fueron sintetizados por Eurofins mwg operon. El diseño de la secuencia de los iniciadores y la construcción del vector fue realizado por Rodríguez (2014). Las características del vector son: posee un promotor T7, un gen que codifica para la enzima betalactamasa y en el sitio C terminal tiene una etiqueta de seis histidinas que se unen a la proteína de interés, además, posee un gen de resistencia a la ampicilina y un sitio de reconocimiento de varias enzimas de restricción (Figura 1).

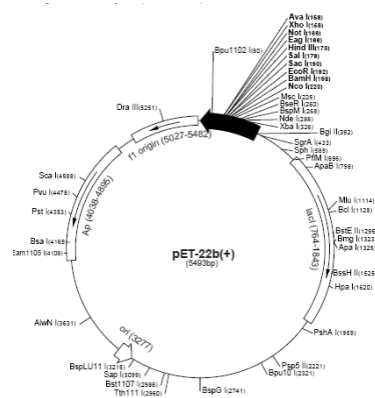


Figura 1. Mapa del vector de expresión en procariontes pET22b (+).

Transformación en células de *E. coli* one Schot^R TOP10 y Subclonación en *E. coli* BL21 (DE3)

Para la transformación de *E. coli* cepas Top10 pET22b (+) con el fragmento amplificado a partir del ADN de *Candidatus Liberibacter asiaticus* se utilizaron células comerciales químicamente competentes mediante el método de choque térmico. La extracción del ADN





plasmídico a partir de las cepas transformadas, se realizó mediante minipreparaciones de acuerdo al protocolo de Sambrook y Russell (2001). La subclonación del ADN plasmídico obtenido de las cepas de *E. coli* TOP10, se realizó en *E. coli* BL21 (DE3), para tal efecto, se descongelaron las células calcio-competentes previamente preparadas en hielo, después se añadieron 2 μ l del ADN plasmídico y se utilizó el protocolo de choque térmico reportado por Sambrook y Rusell (2001), como control se usaron células calcio-competentes de *E. coli* BL21 (DE3) sin vector.

Análisis plasmídico del vector por secuenciación y digestión con enzimas de restricción

Para determinar la presencia o ausencia del inserto en el plásmido, se realizó una digestión con enzimas de restricción *EcoR1*, *XhoI* y *NotI*. La reacción consistió en agregar en un tubo eppendorf 1 μ l del plásmido, 2 μ g de BSA, buffer de digestión 1X y 1U de las enzimas de digestión mencionadas con anterioridad, la reacción se incubó a 37°C por 2 h y se detuvo a 65°C por 10 min. El plásmido confirmado se envió a secuenciar al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental dependiente del Instituto Potosino de Investigación en Ciencia y Tecnología (IPICYT) ubicado en S. L. P.

Cinética de crecimiento

Se realizó una curva de crecimiento de las bacterias transformadas, para lo cual se determinó la densidad óptica DO_{600} nm cada hora, lo anterior, considerando la relación directa entre el incremento del número de células y el valor de absorbancia registrado sin discriminar la viabilidad de los mismos; a partir de esta curva se pudo definir la fase exponencial. Para determinar la concentración ideal del inductor metabólico, se evaluaron concentraciones de 0.1 a 1 mM del inductor isopropil β -D-1 tiogalactopiranosido (IPTG).

Inducción de la expresión de la proteína C6XFB8 en *E. coli* BL21 (DE3)

Cuatro matraces se inocularon con 500 μ l del cultivo de las clonas pET22b C6XFB8 en 250 mL de caldo Lurian Bertani (LB) con ampicilina (50 μ g/mL) y como controles negativos se utilizaron clonas con plásmido pET22b sin inserto. Los cultivos se incubaron a 37°C con agitación de 150 rpm hasta alcanzar una DO_{600} nm 0.4~0.5, a esta densidad óptica se indujo





la expresión con IPTG 0.8 mM de concentración final. Se incubaron a 37°C con agitación constante de 150 rpm por 4 h. Posteriormente, los cultivos fueron centrifugados a 10000 rpm por 10 minutos, se decantó el sobrenadante y la pastilla celular se lavó con amortiguador PBS pH 7.0 y fue almacenada a -80°C.

Análisis de proteínas de *E. coli* BL21 (DE3) en SDS-PAGE

Las muestras se descongelaron y se adicionó 1 mL del amortiguador de lisis (Ni-NTA Fast Start kit QIAGEN®), de acuerdo a la metodología del fabricante. A continuación, las muestras fueron preparadas con amortiguador de muestra 1X, se mezclaron por inversión y se sometieron en baño de agua por 5 minutos. El gel se cargó con 50-100 µg de muestra y como marcador de peso molecular se utilizó el Kaleidoscope Prestained Standards (Bio.Rad); se retiró el excedente de colorante con H₂O tridestilada y finalmente se mantuvo en solución decolorante por 16 h.

Después del corrimiento electroforético se realizó la transferencia de las proteínas hacia una membrana de PVDF (Immobilon). Se armó el transblot (Mini-V 8-10) de la siguiente manera (en dirección de cátodo a ánodo): papel filtro, gel de poliacrilamida, membrana de PVDF, filtro, papel filtro; y la transferencia se realizó en Buffer de Transferencia 1X a 25V/100mA a 4°C por 12 h. Después de la transferencia, la membrana de PVDF se tiñó con Rojo de Ponceau (Sigma-Aldrich) por 2 min. Se eliminó el colorante por medio de tres lavados de 5 minutos con PBST 0.05%. Se añadió Solución de Bloqueo 5% y se incubó por espacio de 1 h en agitación suave. Se realizaron tres lavados de 10 minutos con PBST 0.05%. Posteriormente se añadió el anticuerpo primario Anti-His 1:2000 (Qiagen/Sigma) y se incubó a 4°C en agitación suave por 16 h. Se procedió nuevamente con 3 lavados de 10 minutos con PBST 0.05%. Se añadió el anticuerpo secundario IgG-HRP caprino anti-ratón 1:5000 y se incubó a temperatura ambiente en agitación suave por 1 h. Posteriormente se realizaron tres lavados de 5 minutos con PBST 0.05%. Se agregó 1 mL de sustrato para peroxidasa, se dejó incubando hasta la aparición de la señal y la reacción se detuvo con H₂O tridestilada.





Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de este trabajo fueron a partir del análisis *in silico* realizado por Rodríguez (2014). Mediante el programa computacional Blast2go800.jnlp se analizaron 53 proteínas, usando los apartados Run Blast, Mapping, Annotation y finalmente Inter ProScan. Este análisis permitió discriminar solo 12 proteínas de membrana externa, de las cuales 11 no estaban caracterizadas, debido a estos resultados se procedió a un análisis más exhaustivo con el cual, se identificaron dos proteínas entre estas a la C6XFB8 que se consideró como posible candidato inmunógeno. Posteriormente se realizó el diseño de la secuencia acoplada al vector pET22b (+).

Clonación, transformación de *E. coli* TOP10 y BL21 (DE3), aislamiento y caracterización del plásmido

Se obtuvo la clonación y expresión del gen *omp* de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en el sistema de expresión de *E. coli* TOP 10 Y BL21 (DE3). Se transformó correctamente la cepa que porta el plásmido de interés C6XFB8. También se obtuvo el ADN plasmídico mediante minipreparaciones alcalinas de acuerdo al protocolo de Sambrook y Rusell (2001), (Figura 2), el cual fue subclonado en células de *E. coli* BL21 (DE3) (Figura 3). Los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Navarro (2012), quien trabajó con la clonación y expresión de la proteína de membrana OMP 31 de *Brucella ovis*.

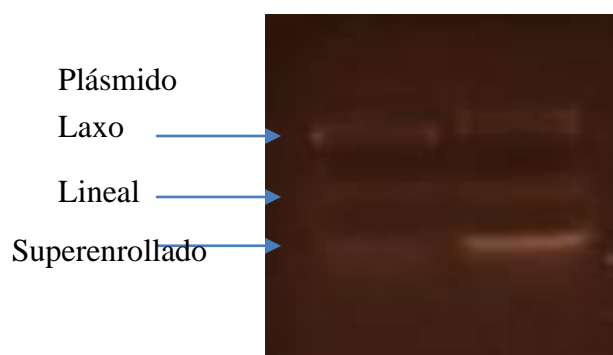


Figura 2. ADN purificado mediante lisis alcalina, se pueden observar tres bandas.



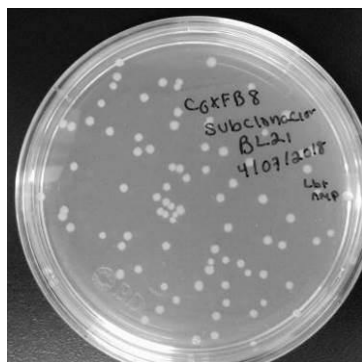


Figura 3. Colonias transformadas de *E. coli* BL21 (DE3) con el vector C6XFB8 pET 22b (+) de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en agar LB con 50 μ g/ml de ampicilina.

Cinética de crecimiento del plásmido C6XFB8 pET22b (+)

Una vez que las células BL21 (DE3) se transformaron con el plásmido, las colonias fueron aisladas en cajas Petri con agar LB más ampicilina 50 μ g/ml y se transfirieron a glicerol al 40% para su almacenamiento a -80°C . Dos de las colonias fueron evaluadas con la finalidad de comprobar si contenían el inserto, a una de las colonias se le extrajo el ADN plasmídico y se envió a secuenciar, la secuencia obtenida fue comparada con la información contenida en la base de datos del NCBI y se corroboró que pertenece a *Candidatus Liberibacter asiaticus* con un 100% de homología. Por otro lado, la otra colonia fue inoculada en un matraz adicionado con ampicilina 50 μ g/mL, y se observó que la fase exponencial llegó a las 4 h de haber inoculado la cepa en el caldo LB con ampicilina a una $\text{DO}_{600\text{ nm}}$ a esa hora se registró una absorbancia aproximada de 0.4~0.50, en esta fase se aplicó el inductor, cabe mencionar que cada hora se tomó una alícuota para determinar la expresión del péptido C6XFB8.

Detección del péptido C6XFB8 de *Candidatus Liberibacter asiaticus* por SDS-PAGE y Western Blot

Al correr la electroforesis en geles de poliacrilamida al 12% en condiciones desnaturalizantes, se detectó que en la clona recombinante había una sobreexpresión de la proteína en un rango aproximado de 38 kDa, mientras que en el control negativo (sin inducir) se observó una baja presencia. La proteína se observó en la inmunodetección. Se realizó el escalado de la inducción y purificación del péptido heterólogo, mediante columna de Ni-NTA Fasta Start (Qiagen®). De acuerdo a los datos de la cinética de crecimiento, se indujo la expresión del péptido en volúmenes de 250 mL de caldo LB adicionado con 50 μ g/mL de



ampicilina y con una concentración de 0.8 mM de IPTG, las células se cosecharon por centrifugación y se pesaron obteniendo 2 g de peso húmedo por cada 250 mL de cultivo. El paquete celular se sometió al proceso de purificación desnaturalizante mediante el kit QIAexpress®Ni-NTA-Fast Start (Qiagen®) (Figura 4) y al finalizar la purificación se cuantificó la proteína obtenida con un espectrofotómetro (Genovo).

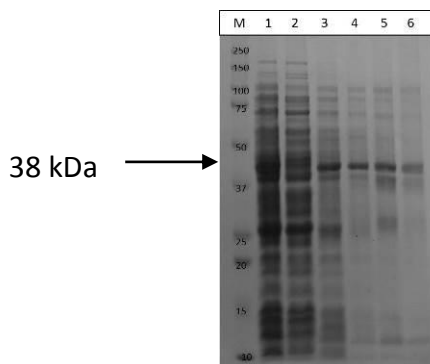


Figura 4. Purificación de la proteína C6XFB8 recombinante. De izquierda a derecha: carril M marcador; carril 1, Lisado; carril 2, pasado por la columna; carril 3, lavado 1; carril 4 lavado 2; carril 5 eluido 1 y carril 6 eluido 2. Gel depoliacrilamida al 12%, tinción de Coomassie.

Un punto crítico en la producción de proteínas recombinantes es la formación de cuerpos de inclusión ocasionada por la síntesis elevada de las proteínas durante la inducción, estos cuerpos de inclusión consisten en agregados densos insolubles de las proteínas recombinantes sintetizadas que se depositan en el citoplasma y no son transportados para su procesamiento. Un factor que tiene impacto sobre la formación de los cuerpos de inclusión es el grado de solubilidad de dichas proteínas, donde las proteínas con más dominios lipofílicos presentan una mayor tendencia a formar este tipo de cuerpos (Ventura y Villaverde, 2006). En este trabajo se observó que posiblemente, debido a la naturaleza transmembranal de la proteína C6XFB8, haya ocurrido dicho fenómeno en bajas proporciones, esto en base a la señal tenue de ~38 kDa obtenida en el Western Blot.

Conclusiones

1. Se obtuvo la clonación y subclonación de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en células TOP10 y BL21 (DE3).
2. Se logró la inducción de la proteína de 38 kDa, se detectó su



presencia por SDS-PAGE y western blot. 3. La mejor concentración del inductor para expresar el péptido recombinante del gen *omp1* de *Candidatus Liberibacter asiaticus* bajo el promotor T7lac es de 0.8 mM.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por Fondos fiscales INIFAP, a través del proyecto: “Desarrollo de un método inmunoenzimático para la detección temprana de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Ca.Las) causante del Huanglongbing (HLB)”, con el número de proyecto en SIGI 11211333829.

Literatura citada

- Boyce, J. D., T. Seemann, B. Adler and M. Harper. 2012. Pathogenomics of *Pasteurella multocida*. *Curr. Top Microbiol. Immunol.* 361:23-38. doi: 10.1007/82_2012_203
- Jagoueix, S., J. M. Bove, and M. Garnier. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the α subdivision of the Proteobacteria. *Journal of systematic bacteriology* 44(3):379-386.
- Liefting, L.W., Z. C. Pérez E., R. G. G. Clover, and J. A. D. Anderson. 2008. A new ‘*Candidatus Liberibacter*’ species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease* 92(10):1474. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-10-1474A>.
- Li, W.B., J. S. Hartung and L. Levy. 2006. Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associated with citrus Huanglongbing. [PCR cuantitativa en tiempo real para detectar e identificar candidatos de especies de *Liberibacter* asociadas con el citrus Huanglongbing] *J. Microbiol. Methods* 66:104-115.
- Li, W.B., J. S. Hartung and L. Levy. 2007. Evaluation of DNA amplification methods for improved detection of “*Candidatus Liberibacter* species” associated with citrus Huanglongbing. *Plant Disease* 91:51-58.





- Manjunath, K. L., S. E. Halbert, C. Ramadugu, S. Webb and R.F. Lee. 2008. Detection of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in *Diaphorina citri* and Its Importance in the Management of Citrus Huanglongbing in Florida. The American Phytopathological Society 98(4):387-396.
- Navarro, S. M. C. 2012. Expresión de la proteína Omp31 recombinante de *Brucella ovis* en el sistema para su uso como antígeno en el diagnóstico de epididimitis contagiosa del carnero. Tesis de postgrado. FCB-UANL.
- Rodríguez, Q. C. G. 2014. Identificación de proteínas transductoras con función antigénica en *Candidatus Liberibacter asiaticus* relacionadas con el huanglongbing y su posible interacción en limón mexicano. Tesis de posgrado. IPN-CBG. 93 p.
- Sambrook, J. and W. Russel. 2001. Molecular cloning. A laboratory manual. 3ª ed. Vol 3. Cold spring harbor Laboratory press. Cold.spring Harbor. New York.
- Teixeira, D. C., L. Danet J., S. Eveillard, C. Martins E., D. J. Junior W. C. , T. Yamamoto P. et al. 2005. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the “*Candidatus*” *Liberibacter* species associated with the disease. Mol. Cell. Probes 19:173-179.
- Trujillo, A. J. 2010. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Oficio B00.01,01,01.03.-02788. Circular No. 056. 16 de abril de 2010.
- Ventura, S. y A. Villaverde. 2006. Protein quality inclusion bodies. Trends in Biotechnology 12(4):179-185.





CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DEL BACTERIÓFAGO Φ Xaf18 ASOCIADO A LA BACTERIA FITOPATÓGENA *Xanthomonas vesicatoria*

Marcela Ríos Sandoval³⁵², Gabriel Rincón Enríquez³⁵², Guillermo Alejandro Solís Sánchez³⁵², Saul Fraire Velázquez³⁵³ y Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar^{352*}

Resumen

La bacteria *Xanthomonas vesicatoria* es el agente causal de la mancha bacteriana en chile y tomate. Los bacteriófagos, también llamados fagos, son virus que infectan únicamente a las bacterias. El bacteriófago Φ Xaf18 es un fago lítico de *X. vesicatoria* y debido a que son muy pocos los bacteriófagos de *Xanthomonas* spp. estudiados, se considera de gran relevancia la caracterización de Φ Xaf18, para comprender sus interacciones con su huésped y de esta forma diseñar una estrategia adecuada para el control de la mancha bacteriana. Desde su descubrimiento, los bacteriófagos han tratado de ser clasificados utilizando las diferentes características que poseen, como son la resistencia a solventes, el rango de infección, su morfología, el tipo de placa de lisis, serológicamente y mediante técnicas moleculares. De acuerdo con su morfología los bacteriófagos pueden ser divididos en fagos de cola, poliédricos, filamentosos y pleomórficos, de los cuales los más abundantes (cerca del 96%) son los de cola. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar molecularmente al bacteriófago Φ Xaf18, mediante perfiles de restricción y un análisis filogenético. Primero se realizó la purificación de Φ Xaf18, con su posterior multiplicación y concentración. Una vez realizado esto, se hicieron perfiles de restricción de su ADN con cuatro enzimas y posteriormente se secuenció su genoma y se descifró la secuenciación de la proteína putativa bifuncional primasa-polimerasa para realizar un análisis filogenético mediante una comparación con secuencias ortólogas. Los resultados de los perfiles de restricción del ADN del bacteriófago Φ Xaf18 mostraron patrones de restricción con tres de las cuatro enzimas empleadas. El análisis filogenético indicó que el Φ Xaf18 está relacionado con bacteriófagos que infectan a bacterias Gram negativas como *X. vesicatoria*.

³⁵² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal. *equinones@ciatej.mx

³⁵³ Unidad Académica de Biología. UA Zacatecas.





Palabras clave: Enfermedades bacterianas, perfiles de restricción (RFLP), análisis filogenético, biocontrol, mancha bacteriana

Introducción

Xanthomonas vesicatoria (sinónimos *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*), es el agente causal de la mancha bacteriana en tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capsicum annum*). Esta enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en el mundo (EPPO, 2017) y se ve favorecida por altas temperaturas y humedad ambiental (Mirik y Aysan, 2009). Los bacteriófagos, también llamados fagos, son virus que infectan únicamente a las bacterias. Estos son utilizados como agentes antimicrobianos para tratar y prevenir infecciones bacterianas en humanos, además de controlar enfermedades en plantas, detectar patógenos y en la evaluación de la seguridad alimentaria (Pires *et al.*, 2016). Estos virus constituyen el grupo más amplio de parásitos intracelulares en la naturaleza; la mayoría presentan una proyección proteica o cola, característica del orden Caudovirales, los cuales a su vez representan el grupo más estudiado y con mayor número de fagos descritos hasta el momento (Hendrix, 2002; Ackermann, 2003; Casjens, 2005). Posteriormente, con la invención del microscopio electrónico fue propuesta su primera clasificación formal por Ernst Ruzka en 1943 (Ackermann, 2009), distinguiendo diferentes tipos morfológicos. Desde su descubrimiento, los bacteriófagos han tratado de ser clasificados utilizando las características que poseen, como resistencia a solventes, rango de infección, morfología, tipo de placa, serológicamente y mediante técnicas moleculares. De acuerdo con su forma estos virus se dividen en fagos de cola, poliédricos, filamentosos y pleomórficos (Ackermann, 2003; Casjens, 2005; Aprea *et al.*, 2015), de los cuales, cerca del 96% son fagos de cola (Hendrix, 2002). Las familias se definen principalmente por la naturaleza del ácido nucleico y su morfología. La mayoría de los fagos de cola contienen ADN de cadena doble, pero hay pequeños grupos con cadena sencilla de ADN, de ARN de cadena sencilla o de ARN doble de cadena (Ackermann, 2003). El orden *Caudovirales* o fagos de cola se compone de tres familias; *Myoviridae* que tienen colas contráctiles rígidas, *Podoviridae* con colas cortas, no contráctiles y *Siphoviridae* con





colas largas y flexibles. Los fagos pertenecientes a otras familias tienen morfologías altamente variables (Buttimer *et al.*, 2017). Φ Xaf18 es un fago lítico de *X. vesicatoria* (López, 2016). Debido a que son muy pocos los virus de *Xanthomonas* estudiados, es escasa la información que existe de ellos (Tewfike y Desoky, 2015), por lo que estudiar las características moleculares del bacteriófago Φ Xaf18 constituye información valiosa para lograr entender sus interacciones con su huésped y a su vez diseñar estrategias eficientes de control biológico de la mancha bacteriana. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar molecularmente al bacteriófago Φ XAF18, mediante perfiles de restricción enzimáticos y un análisis filogenético.

Materiales y métodos

Bacteriófago y bacteria huésped

El bacteriófago empleado fue el Φ Xaf18 asociado a la cepa BV824 de *Xanthomonas vesicatoria* como su hospedero, ambos de la colección de microorganismos del Laboratorio de Fitopatología de la línea de Biotecnología Vegetal de la Unidad Zapopan del CIATEJ.

Purificación y multiplicación de Φ Xaf18

Se tomaron 20 μ L del stock del bacteriófago y se colocó una gota en doble placa (400 μ L de bacteria + 3 mL de medio NYGA suave). Se dejó en incubación 18-24 h a 30°C. Se tomó el bocado de la placa y se pasó a un tubo de vidrio con 5 mL de medio líquido NYG (5 g/L de peptona, 3 g/L de extracto de levadura, 20 mL/L de glicerol) y se agregaron 400 μ L del cultivo bacteriano. Se incubó durante 18-24 h a 30°C y 200 rpm. Después del tiempo de incubación, se agregaron 250 μ L de cloroformo (0.5:10 cloroformo:cultivo), y se mezcló por inversión, se centrifugó a 13000 rpm por cinco minutos y se recuperó el sobrenadante. Con el sobrenadante recuperado se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-8} y se sembraron 10 μ L de cada dilución en doble placa (sobre una placa de medio NYGA sólido (16 g/L de agar) a 37°C se agregó la mezcla dilución-bacteria: 400 μ L de bacteria y 3 mL de medio NYGA suave (6 g/L de agar) a 48°C). Se incubó 18-24 h a 30°C. Se tomó la dilución donde se encontraron placas aisladas y se hizo doble placa nuevamente (400 μ L de bacteria





+10 μ L de bacteriófago + 3 mL de medio NYGA suave). Se incubó 18-24 h a 30°C. Se tomó una placa aislada y se colocó en 1 mL de medio NYG más 100 μ L de la bacteria. Se incubó 18-24 h a 30°C. Se agregó cloroformo (0.5:10 cloroformo:cultivo), se agitó y centrifugó a 13000 rpm por cinco minutos, se recuperó el sobrenadante y se almacenó a 4°C. Se repitió dilución y siembra en doble placa, selección de placa y siembra en doble placa las veces necesarias hasta obtener placas homogéneas. Una vez que se obtuvieron placas homogéneas se tomaron 100 μ L del último lisado y se agregaron a 5 mL de medio NYG más 400 μ L de bacteria. Se incubó 18-24 h a 30°C y 200 rpm. Se agregó cloroformo (0.5:10 cloroformo:cultivo), se agitó y centrifugó a 13000 rpm por cinco minutos, se recuperó el sobrenadante y se almacenó a 4°C. Se agregó todo el sobrenadante recuperado a 50 mL de medio NYG más 4 mL de bacteria. Se incubó 18-24 h a 30°C y 200 rpm. Se agregó cloroformo (0.5:10 cloroformo:cultivo), se agitó y centrifugó a 13000 rpm por cinco minutos, se recuperó el sobrenadante y se almacenó a 4°C. Una vez más, se agregó todo el sobrenadante recuperado a 200 mL de medio NYG más 16 mL de bacteria. Se incubó 18-24 h a 30°C y 200 rpm. Se agregó cloroformo (0.5:10 cloroformo:cultivo), se agitó y centrifugó a 13000 rpm por cinco minutos, se recuperó el sobrenadante y se almacenó a 4°C. Por último, se tituló mediante diluciones decimales seriadas y siembra en doble placa.

Concentración de bacteriófagos con PEG 8000

Para la precipitación de los bacteriófagos, se añadió a un cultivo bacteriano más el virus, 1 M de NaCl, se disolvió con agitador magnético, una vez disuelto se agregó 10% de PEG (polietilenglicol) 8000, se disolvió con agitador magnético. Se dejó 24 h a 4°C, se centrifugó a 15000xg por 1 h a 4°C. Se resuspendió la pastilla en medio de cultivo líquido NYG. Por último, se tituló el fago mediante diluciones seriadas y siembra en doble placa.

Caracterización molecular del bacteriófago Φ Xaf18 por RFLPs

La extracción de ADN del bacteriófago fue realizada de la manera siguiente: a 500 μ L del lisado del virus se agregaron 10 μ L de ADNsa (10 mg/mL) y 1.72 μ L de RNAsa (29 mg/mL) que fueron vertidos en un tubo de 1.5 mL y se incubaron a 37°C por 2 h. Posteriormente se agregaron 50 μ L de SDS (10x), 60 μ L de EDTA pH 8 (0.5 M), 10 μ L de CaCl_2 (250 mM) y por último se agregaron 100 μ L de proteinasa K (0.1 mg mL⁻¹) y se incubó a 37°C por 1 h,





terminado el tiempo de incubación, se agregó un volumen de fenol-cloroformo y se centrifugó a 10000 rpm por dos minutos. Se recuperó la fase superior, se agregó nuevamente un volumen de fenol-cloroformo y se centrifugó a 10000 rpm durante dos minutos. El proceso anterior se repitió las veces necesarias hasta obtener las dos fases limpias, se recuperó la fase superior y se agregó un volumen de isopropanol, se incubó a -80°C por 30 minutos. Se centrifugó a 13000 rpm a 4°C por 30 minutos, terminado el tiempo de centrifugación se desechó el sobrenadante por decantación. Para lavar la pastilla de ADN se agregó etanol al 70% y se centrifugó a 13000 rpm a 4°C por 20 minutos, se desechó el etanol por decantación y se volvió a lavar con etanol, se dejó secar la pastilla en campana. Una vez evaporado completamente el etanol, se resuspendió en 40 μL de agua milliQ y se almacenó a -20°C . Se determinó la concentración de ADN mediante la absorbancia a 260 nm en un equipo Nanodrop y con geles de agarosa. Se realizaron digestiones enzimáticas del ADN viral con distintas enzimas de restricción. Posteriormente, se observaron los patrones de bandeo producidos por la digestión mediante electroforesis en geles de agarosa al 0.8%. Las endonucleasas empleadas fueron *Hinfl*, *CfoI*, *EcoRI* y *EcoRV*. En tubos de 200 μL se agregaron 2 μL del buffer correspondiente de cada enzima, 1 μL (4u/ μL) de la enzima y de 1 a 5 μL de ADN del bacteriófago (300 ng/ μL), se ajustó la reacción a 20 μL con H_2O milliQ. Se digirió a 37°C durante una hora. Una vez terminada la reacción se observaron los patrones de bandeo mediante geles de agarosa al 0.8%.

Secuenciación genómica y Análisis filogenético del bacteriófago ΦXaf18

El ADN del bacteriófago purificado fue secuenciado empleando el sistema Ion Torrent Systems Inc en colaboración con el Laboratorio de Biología Molecular de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se realizó el ensamblado de las secuencias de ADN *de novo* utilizando el programa CLC genomics workbench. Posteriormente se realizó un análisis filogenético con la proteína bifuncional primasa-polimerasa, la cual es producto del marco abierto de lectura 2, se creó un árbol filogenético mediante algoritmo de Neighbor-joining y análisis de bootstrap con 100 réplicas en el programa MEGA7, comparando la secuencia de estudio con secuencias ortólogas de distintos bacteriófagos para determinar las relaciones evolutivas del bacteriófago ΦXaf18 .



Resultados y discusión

De las cuatro endonucleasas empleadas (*Hinfl*, *CfoI*, *EcoRI* y *EcoRV*) (Figura 1), la enzima *EcoRI* digirió el genoma del bacteriófago Φ XaF18 de forma satisfactoria, mostrando un patrón de bandeo claro y definido, pudiéndose observar un patrón de siete bandas; las enzimas *Hinfl* y *CfoI* también digirieron, sin embargo, mostraron un patrón de bandeo difuso, mientras que la enzima *EcoRV* no mostró digestión del ADN. Otros autores han empleado distintas enzimas endonucleasas para la caracterización de bacteriófagos, por lo cual se pueden comparar los patrones de bandeo entre el bacteriófago Φ Xaf18 y otros fagos para así poder determinar que efectivamente son bacteriófagos distintos. Por ejemplo, Abo-Senna (2017) realizó perfiles de restricción para el ADN de los bacteriófagos Bt1 y Bt2 con la enzima *EcoRI*, los cuales se observan claramente distintos a los perfiles generados al digerir el ADN del fago Φ Xaf18.

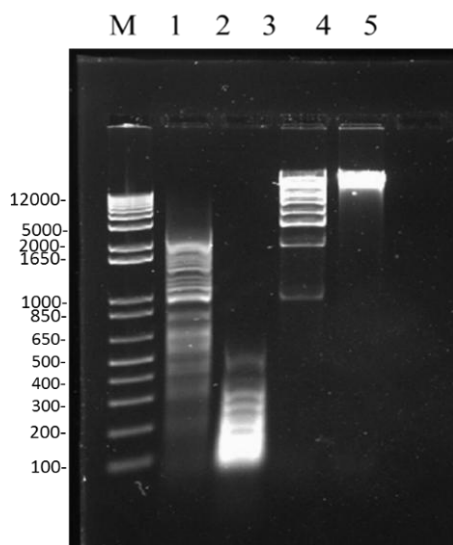


Figura 1. Perfiles de restricción del ADN del bacteriófago Φ XaF18 con las enzimas endonucleasas *Hinfl*, *CfoI*, *EcoRI* y *EcoRV*. M: marcador de peso molecular; 1: digestión con la enzima *Hinfl*; 2: digestión con la enzima *CfoI*; 3: digestión con la enzima *EcoRI*; 4: digestión con la enzima *EcoRV*; 5: control sin enzima.

Por otro lado, Ahmad *et al.* (2014) reportaron perfiles de restricción con las enzimas *EcoRI* y *EcoRV*, para el fago XacF1, el cual infecta a *X. axonopodis* pv. *citri*; ambas enzimas empleadas en el presente estudio para digerir el ADN del bacteriófago Φ XaF18 y al comparar los perfiles de restricción también se observaron diferentes a pesar de que ambos fagos

infectan a bacterias del mismo género. Finalmente se realizó un análisis bioinformático con la proteína putativa bifuncional primasa-polimerasa (codificada por el ORF 2 de la secuencia del genoma viral), con lo cual se logró ubicar al bacteriófago Φ Xaf18 filogenéticamente en un grupo de bacteriófagos que infectan a bacterias Gram negativas (Figura 2), lo cual es congruente, ya que la bacteria huésped (*X. vesicatoria*) del fago Φ Xaf18 es también Gram negativa. Por el contrario, la mayoría de los bacteriófagos de Gram positivos se encontraron más distantes filogenéticamente del bacteriófago Φ Xaf18.

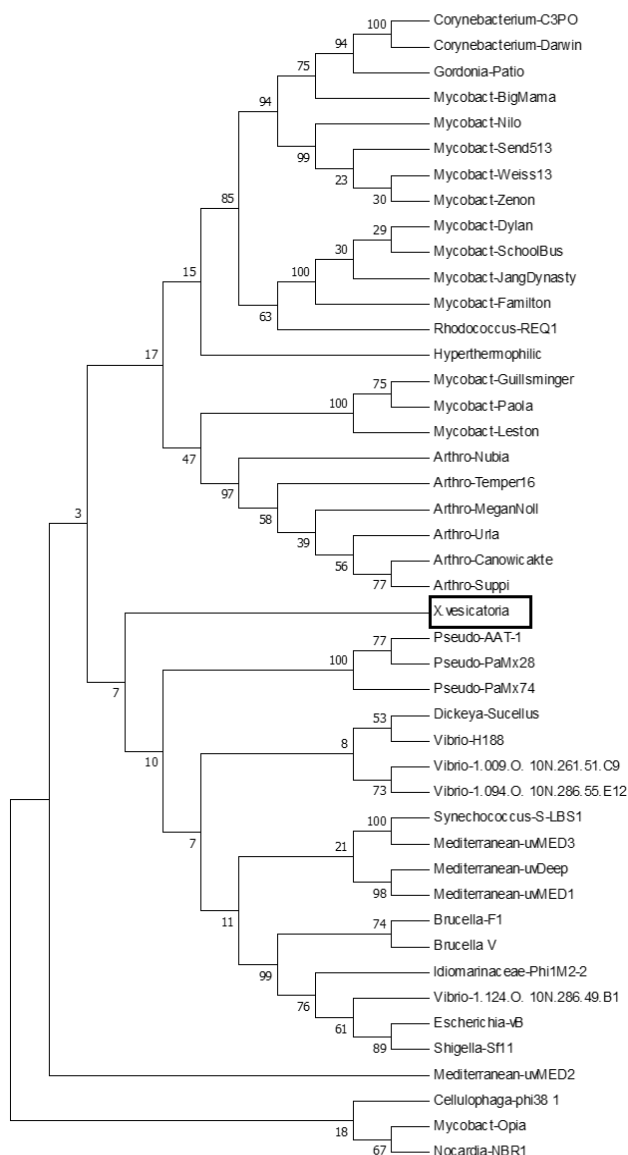


Figura 2. Árbol filogenético que muestra las relaciones evolutivas del bacteriófago Φ Xaf18 (representado en el árbol por el nombre de su huésped= *X. vesicatoria*), el cual fue realizado con la proteína putativa bifuncional primasa-polimerasa mediante algoritmo de Neighbor-joining y análisis de bootstrap con 100 réplicas en MEGA7.





Conclusiones

1. Se obtuvieron patrones de restricción característicos del bacteriófago estudiado mediante la enzima endonucleasa *EcoRI*. 2. El análisis filogenético de la proteína primasa-polimerasa indicó que el bacteriófago se encuentra dentro de un grupo que infecta a bacterias Gram negativas. 3. El estudiar al bacteriófago basándose en distintos aspectos y características propias del virus proveen información precisa para diseñar estrategias de control de la bacteria *X. vesicatoria*.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por el proyecto para atender problemas nacionales con clave 2015-01-338 y mediante el proyecto 293362 del CONACYT a través del Laboratorio Nacional PLANTECC. MRS agradece a CONACyT por la beca de estudios de maestría. Los Drs. G. Rincón Enríquez y G. A. Solís Sánchez participaron como codirectores de este trabajo de tesis de maestría.

Literatura citada

- Abo-Senna, S. M. 2017. Occurrence of *Bacillus thuringiensis* bacteriophages in the egyptian arid soil. International Journal of Virology and Molecular Biology 6(1):1-8.
- Ackermann, H. W. 2003. Bacteriophage observations and evolution. Research in Microbiology 154:245-251.
- Ackermann, H. W. 2009. Phage Classification and Characterization. In: M R J Clokie, A M Kropinski (eds), Bacteriophages: Methods and Protocols. Humana Press, a part of Springer Science+Business Media 127-140.
- Ahmad, A. A., A. Askora, T. Kawasaki, M. Fujie and T. Yamada. 2014. The filamentous phage XacF1 causes loss of virulence in *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*, the causative agent of citrus canker disease. Frontiers in Microbiology 321(5):1-11.





- Apra, G., A. R. D'Angelo, V. A. Prencipe and G. Migliorati. 2015. Bacteriophage Morphological Characterization by Using Transmission Electron Microscopy. *Journal of Life Sciences* 9:214-220.
- Buttimer, C., O. McAuliffe, R. P. Ross, C. Hill, J. O'Mahony and A. Coffey. 2017. Bacteriophages and Bacterial Plant Diseases. *Frontiers in microbiology* 8:34.
- Casjens, S. R. 2005. Comparative genomics and evolution of the tailed-bacteriophages. *Current Opinion in Microbiology* 8:451-458.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2017. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/XANTVE>. [consultado el 18 de diciembre de 2017].
- Hendrix, R. W. 2002. Bacteriophages: evolution of the majority. *Theoretical Population Biology* 61:471-480.
- López, M. C. 2016. Control biológico de la mancha bacteriana del cultivo del chile (*Capsicum annum* L.) mediante bacteriófagos. Tesis de maestría. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. Zapopan, Jal., México. 112 p.
- Mirik, M. and Y. Aysan. 2009. Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *Vesicatoria* in naturally infected pepper seeds in Turkey. *J Plant Pathol.* 91(2):433-436.
- Pires, D. P., S. Cleto, S. Sillankorva, J. Azeredo and T. K. Lu. 2016. Genetically engineered phages: a review of advances over the last decade. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 80:523-543.
- Tewfike, T. A. y S. M. Desoky. 2015. Biocontrol of *Xanthomonas axonopodis* causing bacterial spot by application of formulated phage. *Annals of Agric. Sci., Moshtohor* 53:615-623.





RESPUESTAS DE TRES GRUPOS VARIETALES DE *Sechium edule* (Jacq.) Swartz INOCULADOS CON *Phytophthora capsici*

Edgar Josué Hernández Maraño^{354*} y Rosalía Núñez Pastrana

Resumen

Phytophthora capsici causa enfermedades destructivas en cultivos de solanáceas y cucurbitáceas en todo el mundo. Actualmente este patógeno se encuentra presente en el cultivo de Chayote (*Sechium edule*) en los principales municipios productores del estado de Veracruz, México. Tal es el caso de Coscomatepec, Orizaba, Ixtaczoquitlán y Actopan. *Phytophthora capsici* se identificó como el agente causal de la marchitez del chayote (*Sechium edule*), presente en los suelos productivos de este cultivo; sin embargo, se desconocen técnicas para el control del oomiceto. Esto debido a su reciente confirmación etiológica que indica a *Phytophthora capsici* como el causal del marchitamiento y amarillamiento foliar. El origen endémico del cultivo de *Sechium edule* se localiza en los municipios de Orizaba, Ixtaczoquitlán y Coscomatepec, por ello se consideró importante conocer las diferencias ocasionadas por la presencia del patógeno en sus diferentes variedades de valor comercial (*Sechium edule* var. *virens levis*, *Sechium edule* var. *nigrum xalapensis* y *Sechium edule* var. *albus dulcis*), elegidas también por su importancia económica en la zona de estudio. Se diseñaron seis diferentes cebadores sobre genes de defensa, (GSTs, ERFs, NBS-LRRs, MAPKS) de los cuales cinco fueron funcionales, posteriormente se compararon las diferentes expresiones de genes en las diferentes variedades, durante los tiempos 0.0 h, 0.25 h, 1.5 h, 24 h y el testigo.

Palabras clave: *Sechium edule*, Genes R, *Phytophthora capsici*

³⁵⁴Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Peñuela Amatlán s/n, Centro, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94945. *edgarjoshdzmar@gmail.com





Introducción

En la actualidad el chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) se distribuye prácticamente en los cinco continentes, ya que en las últimas dos décadas ésta especie ha prosperado comercialmente de hortaliza de traspatio a producto no tradicional de exportación (Cadena-Ñíguez *et al.*, 2001), su demanda se focaliza principalmente en el mercado de Norte América (SIAP, 2016). En México los principales estados productores son Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis potosí y el Estado de México. El estado de Veracruz cuenta con 2,392 hectáreas con una producción de chayote de 156,519.53 toneladas, lo que genera 27,062 empleos que reflejan parte de la importancia social del cultivo (SIAP, 2016). La principal zona de producción de chayote se ubica en la región central de Veracruz principalmente en los municipios de Coscomatepec, Huatusco, Ixhuatán del café, Chocaman, Tlilapan, Orizaba, Rafael delgado, Amatlán de los reyes, Cuichapa e Ixtaczoquitlán (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2010). El éxito comercial del chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) en el mercado norteamericano, ha provocado el aumento de la superficie de producción nacional como monocultivo, lo que ha generado problemas fitosanitarios como la marchitez de las plantas (Olguín, 2013). La marchitez del chayote es la enfermedad más importante de este cultivo asociado a *Phytophthora capsici* como el agente causal, el cual está presente en los suelos productivos de este cultivo; sin embargo, se desconoce sobre el control del oomiceto, debido a su reciente confirmación etiológica como el causal del marchitamiento y amarillamiento foliar (Olguín, 2013). Su propagación se ve favorecida por sus adaptaciones específicas al medio ambiente, en época de primavera el ciclo reproductivo asexual inflige daño directamente al cultivo, pero en su etapa sexual las oosporas sobreviven a la época de invierno, (Babadoost y Pavón, 2013; Hausbeck y Lamour, 2004). En ausencia del cultivo las oosporas permanecen en el suelo durante años independientemente de la disponibilidad del hospedero, lo que permite la persistencia del patógeno entre las estaciones de crecimiento, por lo que la erradicación del oomiceto es poco factible. Durante la primavera y en presencia de huéspedes susceptibles, las oosporas en germinación, potencialmente formadas en años distintos, pueden iniciar repetitivamente el ciclo reproductivo sexual y asexual (Hausbeck y Lamour 2004; Granke *et al.*, 2012)





En la región central de Veracruz se encuentran diferentes grupos varietales de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) entre los que destacan *Sechium edule* var. *virens levis*, *Sechium edule* var. *Albus dulcis*, *Sechium edule* var. *nigrum xalapensis*. Las respuestas fisiológicas y moleculares en cada grupo varietal pueden variar debido a que los genes de defensa pueden responder de diferente forma, por lo cual es posible encontrar mejor defensa en un grupo varietal con respecto a otros.

Para comparar la expresión de genes de defensa mediante la inoculación de los tres grupos varietales de *Sechium edule* con *P. capsici*, primero se validó la identidad de la cepa de *P. capsici*, posteriormente diseñó y se evaluaron los cebadores que permitieron amplificar los genes de defensa de la planta y finalmente se evaluó la expresión de los genes de defensa en las plantas de *Sechium edule* inoculadas con *P. capsici*.

Materiales y métodos

Para evaluar la expresión de genes de defensa, al ataque de *Phytophthora capsici* se colectó tejido vegetal de hojas, de los diferentes grupos varietales (*Sechium edule nigrum xalapensis*, *Sechium edule virens levis*, *Sechium edule albus dulcis*) que fueron recolectados el día 15 de agosto de 2017 de parcelas del municipio de Orizaba Veracruz. Se seleccionaron hojas jóvenes y sin ningún signo visual de daño. Se eligieron las siguientes variedades de mayor importancia económica para los productores: *Verde Liso* (*Sechium edule* var. *virens levis*) *Negro Xalapa* (*Sechium edule* var. *nigrum xalapensis*) *Cambray* (*Sechium edule* var. *albus dulcis*). El 10 de agosto de 2017 en el municipio de Orizaba en época de lluvias, se realizó la colecta de muestras de tejido vegetal de las hojas de *Sechium edule* provenientes de siete parcelas, con base en la sintomatología de *Phytophthora capsici* para posteriormente extraer su ADN. Para las extracciones de ADN genómico de las hojas, se utilizó el método de CTAB, (bromuro de hexadeciltrimetilamonio), este funciona como solución tamponante para la extracción o como amortiguador de extracción y está compuesto por Tris-HCl a pH 8.0, 100 milimol (mM), EDTA a pH 8.0, 20 mM, NaCl 1.4 M, CTAB al 3%, polivinilpirrolidona al 3% y β -mercaptoetanol 0.2%.





Se realizó la toma de muestras de cada etapa definida en este experimento. La extracción del ADN se hizo a partir de un cultivo de *P. capsici* de 4 días de crecimiento en medio líquido V8 a 20-25 °C. Se tomó una porción de aproximadamente 5 mm de micelio y se colocó en tubos Eppendorf de 200 µL de la solución de lisis (Lyse N Go Pierce®, EE. UU.). Las muestras se incubaron a 95°C durante cinco minutos y se centrifugaron (EBA21, Hettich® Zentrifuge) por 10 minutos a 3000 g. Finalmente, la mezcla para PCR contuvo un volumen de 25µL con la enzima 1x Taq DNA polimerasa, 0.8 mM dNTP (0.2 mM cada uno), 100 ng de ADN, 20 pmol de cada iniciador y 2 unidades de GoTaq DNA.

Se amplificaron en un termociclador con un ciclo inicial de desnaturalización a 95°C por dos minutos; 35 ciclos de desnaturalización a 95°C por un minuto, el alineamiento a 57°C por un minuto, una extensión final a 72°C por dos minutos y un último ciclo de amplificación a 72°C por 10 minutos. La inoculación se efectuó cuando las plantas de cada uno de los tres grupos varietales de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw) tenían en promedio 16 hojas (15 días después de la siembra) colocando un disco micelar por planta en la zona de transición entre el tallo y la raíz cubriéndolo con Parafilm®. A través de una revisión bibliográfica, se realizó una selección de genes que se ha reportado que están involucrados en mecanismos de defensa al ataque de Fitopatógenos. A partir de los genes seleccionados se realizó una búsqueda de genes similares en la plataforma NCBI teniendo como referencia *Cucumis melo* especie cuyo genoma ha sido completamente secuenciado (García-Mas *et al.*, 2012).

Se evaluó la presencia de genes involucrados en la defensa, tales como ERF (Ethylene response factors), GST (Glutathione S-transferase), MAPK, NBS-LRR. El diseño de cebadores se inició con el alineamiento de entre cinco y siete secuencias identificadas utilizando la plataforma Clustal Omega: Multiple Sequence Alignment (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>), la cual permitió identificar las regiones conservadas en todas las secuencias comparadas. A partir de las regiones conservadas, se realizó el diseño de cebadores, utilizando la plataforma OligoPerfect™ Designer de Thermo Fisher Scientific® (<https://tools.thermofisher.com/content.cfm?pageID=9716>) donde fueron colocadas las regiones conservadas, generando diferentes pares de cebadores propuestos, mismos que fueron seleccionados en pares de acuerdo a criterios de tamaño, localización, homología con las secuencias alineadas y la incompatibilidad de bases en sus partes finales





Se colectó tejido vegetal de las plantas en la parte del tallo en tiempos de inoculación de 0.0, 0.25, 1.5 y 24 horas, además de considerar el testigo. El tejido colectado se almacenó en nitrógeno líquido para realizar extracciones de ARN utilizando TRIzol™. Posteriormente se cuantificó el ARN empleando un espectrofotómetro Thermo Scientific™ GENESYS™ 10S UV-Vis. Se colocaron 6 µL de muestra de ARN y 994 µL de H₂O DEPC y se midió la absorbancia a 260 nm. Con base en las lecturas obtenidas se utilizó la siguiente fórmula para la cuantificación de ARN:

$$\text{Concentración}_{\text{ARN}} = \text{DO}_{260} \times 40 \mu\text{g/mL} \times 166.67$$

Con el ARN extraído, se realizó la síntesis de ADN complementario (ADNc) utilizando la enzima transcriptasa reversa ImProm-II (Promega, USA), siguiendo las instrucciones del fabricante. El producto resultante se colocó en un termociclador MaxyGene II, para llevar a cabo la síntesis del ADNc. Los parámetros utilizados para la síntesis fueron un ciclo de alineamiento a 25°C durante cinco minutos, 1 ciclo de extensión a 42°C durante 60 minutos y 1 ciclo de inactivación de la enzima a 70°C durante 15 minutos.

Teniendo listo el ADNc se corrieron los PCRs con los cebadores funcionales, las amplificaciones resultantes se corrieron en gel de agarosa al 1.5% y fueron observadas a través del transiluminador de luz UV. Las imágenes obtenidas fueron procesadas usando el software de libre acceso GelAnalyzer® para obtener el valor bruto del nivel de amplificación de las bandas, utilizando como testigo la amplificación de la actina.

Resultados y Discusión

Amplificación de genes de defensa en diferentes variedades de *Sechium edule*

Cinco pares de cebadores se amplificaron utilizando ADN genómico de tres grupos varietales de chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw). Durante 45 minutos en cámara de electroforesis se corrieron en geles de agarosa al 1.5% de concentración (Figura 1).



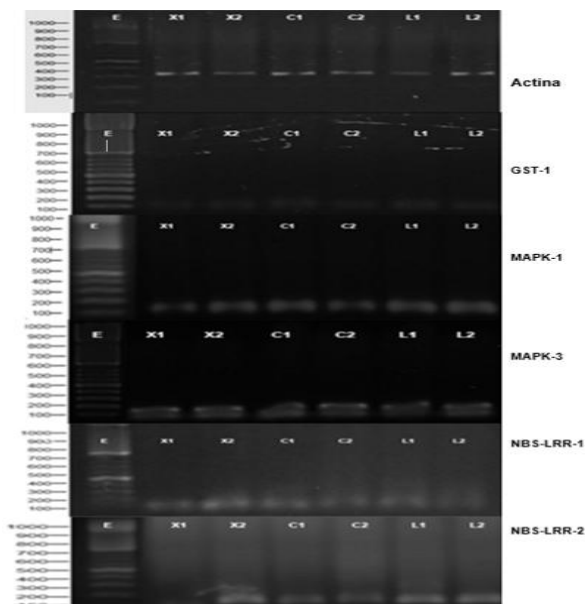


Figura 1. Gel de agarosa que muestra la expresión de genes en tejidos foliares, con diferentes cebadores diseñados. E) Escalera de 100bp; X1) Muestra uno *Sechium edule* var. *nigrum xalapensis*; X2) Muestra dos *Sechium edule* var. *nigrum xalapensis*; C1) Muestra uno *Sechium edule* var. *albus dulcis*; C2) Muestra dos *Sechium edule* var. *albus dulcis*; L1) Muestra uno *Sechium edule* var. *virens Levis*; L2) Muestra dos *Sechium edule* var. *virens levis*.

Expresión de genes

La Figura 2 muestra la expresión de genes en diferentes variedades de *Sechium edule* en diferentes tiempos de inoculación de *Phytophthora capsici*.

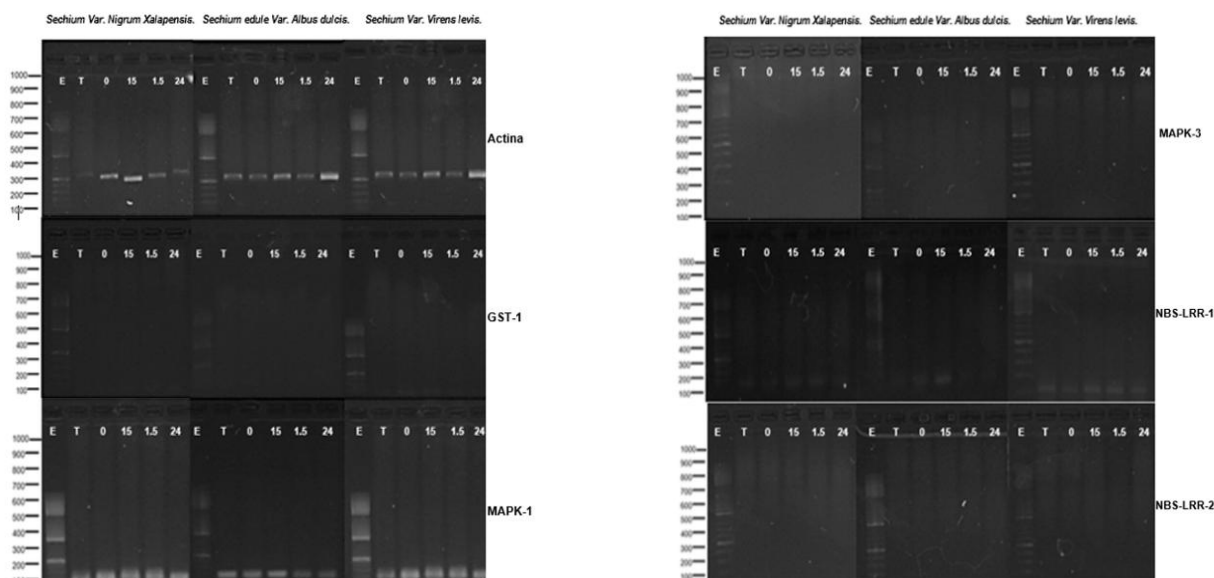


Figura 2. Gel de agarosa, muestra la expresión de genes en diferentes variedades de *Sechium edule* en tiempos de inoculación de *Phytophthora Capsici*. E) Escalera de 100 pb; T) testigo; 0) tiempo cero; 15) tiempo 15 minutos; 1.5) tiempo hora y media; 24) veinticuatro horas.



Expresión de Glutación S-transferasa

El gen glutación S-transferasa se expresa en la variedad *Sechium edule virens levis*, mientras que *Sechium edule nigrum xalapensis* y *Sechium edule albus dulcis* se reprime. Se sabe que las Glutación S-transferasas son inducidas por la presencia de un patógeno debido al aumento de auxinas (Hahn y Strittmatter, 1994), Glutación S-transferasas también está vinculada de manera activa a la disminución de la muerte celular por el ataque de patógenos (Lieberherr *et al.*, 2003). Las variedades *Sechium edule nigrum xalapensis* y *Sechium edule albus dulcis* se expresan de manera contraria, razón por lo cual indica que el patógeno tiene mayor afectación en *Sechium edule virens levis* que corresponde a la variedad de mayor uso comercial y que resultó ser más la más susceptible al tener una respuesta contraria en los diferentes tiempos de inoculación.

Expresión de MAPK

Se ha encontrado que la vía de señalización MAPK es una vía crucial para la defensa de patógenos en las plantas y es un modelo altamente conservador en todos los organismos eucariotas (Yang *et al.*, 2001) y en la expresión génica de las tres diferentes variedades *Sechium edule virens levis*, *Sechium edule nigrum xalapensis* y *Sechium edule albus dulcis* es similar. En diferentes tiempos se conoce que la activación de MAPK es uno de los primeros eventos de señalización después de que la planta detecta la invasión de patógenos. Las MAPK pueden controlar la síntesis y/o señalización de hormonas de defensa, reprogramación de expresión génica y conducir el metabolismo de flujo a la síntesis de metabolitos antimicrobianos, entre otras respuestas de defensa (Meng y Zhang, 2013).

Expresión de NBS-LRR

NBS-LRR se le ha asignado el papel de un centinela de maquinaria celular, que protege los principales objetivos de virulencia dentro de la célula (Van Der Biezen y Jones, 1998; Dangl y Jones, 2001). Esta “hipótesis de guardia” propone que los productos Avr interactúan y modifican factores celulares. NBS-LRR percibe el estado alterado del objetivo de virulencia e induce a una respuesta de defensa rápida. El efector que actúa como un factor de virulencia tiene un objetivo en el hospedero; para manipular o alterar este objetivo, el efector contribuye al éxito de patógenos en genotipos de huéspedes susceptibles.





Conclusiones

1. Al observarse cambios en la expresión de genes de defensa en los diferentes grupos varietales, el grupo varietal *Sechium edule* var. *virens levis* fue el más susceptible al fitopatógeno, al presentar actividad en el gen GST-s asociado a una respuesta ante el ataque del patógeno.

Literatura citada

- Avendaño-Arrazate, C. H., Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, M. de L., Campos-Rojas, E., Cisneros-Solano, V. M., & Aguirre-Medina, J. F. 2010. Las Variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización Las Variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. Grupo interdisciplinario de investigación en *Sechium edule* en México, A.C. Colegio de Postgraduados.
- Babadoost, M., & Pavon, C. 2013. Survival of oospores of *Phytophthora capsici* in soil. *Plant Disease* 97(11):1478-1483. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-12-1123-RE>
- Bowers, J. H., Martin, F. N., Tooley, P. W., & Luz, E. D. 2007. Genetic and morphological diversity of temperate and tropical isolates of *Phytophthora capsici*. *Phytopathology* 97(4):492-503. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-4-0492>.
- Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posadas, L. M., Trejo-López, C., Sánchez-García, P., & Aguirre-Medina, J. F. 2001. Regulación del intercambio de gases y relaciones hídricas en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). *Revista Chapingo Serie Horticultura* VII(01):21-27. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2000.11.079>
- Cadena-Iñiguez, J. 2005. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Texcoco. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- Dangl, J. L., & Jones, J. D. 2001. Plant pathogens and integrated defence responses to infection. *Nature* 411(6839):826-833. <https://doi.org/10.1038/35081161>[consultado en agosto de 2018].





- Garcia-Mas, J., Benjak, A., Sanseverino, W., Bourgeois, M., Mir, G., Gonzalez, V. M. Puigdomenech, P. 2012. The genome of melon (*Cucumis melo* L.). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(29):11872-11877. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205415109>
- Granke, L. L., Quesada-ocampo, L., & Hausbeck, M. K. 2012. Advances in Research on *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops in The United States. *Plant Disease* 95(11):1588-1600. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-02-12-0211-FE>
- Hahn, K., & Strittmatter, G. 1994. Pathogen-Defence Gene *prp1-1* from Potato Encodes an Auxin-Responsive Glutathione S-Transferase. *European Journal of Biochemistry* 226(2):619-626. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1994.tb20088.x>
- Hausbeck, M. K., & Lamour, K. H. 2004. Research Progress and Management Challenges *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops: *Plant Disease* 88(12):1292-1303. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.12.1292>
- Lieberherr, D., Wagner, U., Dubuis, P. H., Métraux, J.-P., & Mauch, F. 2003. The rapid induction of glutathione S-transferases *AtGSTF2* and *AtGSTF6* by avirulent *Pseudomonas syringae* is the result of combined salicylic acid and ethylene signaling. *Plant & Cell Physiology* 44(7):750-757. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcg093>
- Lira-Saade, R. (1996). *Chayote, Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy (Vol. 8).
- Meng, X., & Zhang, S. 2013. MAPK Cascades in Plant Disease Resistance Signaling. *Annual Review of Phytopathology* 51(1):245-266. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102314> [consultado en junio de 2018].
- Olguín, H. G. 2013. Etiología de la marchitez de plantas de *sechium edule* (Jacq.) Sw. en la región centro del estado de Veracruz. Tesis de maestría en edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- Rispail, N., Soanes, D. M., Ant, C., Czajkowski, R., Grünler, A., Huguet, R., Di, A. (2009). Comparative genomics of MAP kinase and calcium – calcineurin signalling components in plant and human pathogenic fungi. *Fungal Genetics and Biology* 46(4):287-298. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2009.01.002>





- Silva-Rojas, Hilda Victoria; Fernández-Pavía, Sylvia Patricia; Góngora-Canul, Carlos; Macías-López, Bertha Catalina; Ávila-Quezada, Graciela Dolores Distribución Espacio Temporal de la Marchitez del Chile (*Capsicum annum* L.) en Chihuahua e Identificación del Agente Causal *Phytophthora capsici* Leo Revista Mexicana de Fitopatología 27(2):134-147. Sociedad <https://doi.org/10.1006/fgbi.2000.1237>
- SIAP. 2016. SIAP. Retrieved December 21, 2017, from <https://www.gob.mx/siap> [consultado en julio de 2018].
- Van Der Biezen, E. A., & Jones, J. D. G. 1998. Plant disease-resistance proteins and the gene-for-gene concept. Trends in Biochemical Sciences 23(12):454-456. [https://doi.org/10.1016/S0968-0004\(98\)01311-5](https://doi.org/10.1016/S0968-0004(98)01311-5). [consultado en julio de 2018].
- Yang, K., Liu, Y., & Zhang, S. 2001. Activation of a mitogen-activated protein kinase pathway is involved in disease resistance in tobacco. 98(2).
- Zhao, X., & Xu, J. 2007. A highly conserved MAPK-docking site in Mst7 is essential for Pmk1 activation in *Magnaporthe grisea* 63:881-894. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2006.05548.x>





IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE *Brucella* spp. EN MUESTRAS DE QUESO FRESCO DE VACA EN VERACRUZ, MÉXICO

Gabriela Romina Hernández Carbajal^{355*}, David Itzcoatl Martínez Herrera³⁵⁵, Violeta Trinidad Pardío Sedas³⁵⁵, Rodolfo Quintana Castro³⁵⁶, Karla María López Hernández³⁵⁵, Rosa María Oliart Ros³⁵⁷, José Francisco Morales Álvarez³⁵⁸, José Alfredo Villagómez Cortés³⁵⁵ y Javier Cruz Huerta Peña³⁵⁵

Resumen

La brucelosis es una de las zoonosis de mayor importancia en México, debido al grave problema de salud pública que representa ocasionado por el consumo de productos lácteos sin pasteurizar, y a las pérdidas económicas que generan en la ganadería nacional. El objetivo de la investigación fue determinar la presencia de *Brucella* spp. en muestras de queso fresco artesanal colectadas durante los meses de mayo y junio de 2017 en 100 muestras pertenecientes a centros de acopio de leche en Veracruz, México. La identificación de *Brucella* spp. se realizó mediante cultivo microbiológico y la prueba de PCR directa en muestras de queso. Los resultados obtenidos muestran la amplificación de la cepa S19 de *Brucella abortus* (1.0%) que se usa para la vacunación de bovinos a partir de queso fresco, y podría sugerir un problema en salud pública debido al consumo de productos sin pasteurizar, en términos de brucelosis. Por ello el uso de la técnica de PCR puede ser usada como una prueba diagnóstica rápida y de apoyo para la brucelosis en México debido a que puede realizar la diferenciación tanto de cepas de campo como vacunales en muestras de queso fresco artesanal.

Palabras clave: brucelosis, PCR, cepa S19

³⁵⁵ Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. *dmartinez@uv.mx

³⁵⁶ Universidad Veracruzana. Facultad de Bioanálisis.

³⁵⁷ Instituto Tecnológico de Veracruz. Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos.

³⁵⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología.





Introducción

La brucelosis es una zoonosis de gran impacto a nivel nacional que causa grandes pérdidas económicas a la ganadería y se considera un grave problema de salud pública debido a la transmisión por el consumo de productos lácteos sin pasteurizar a la población y que se encuentren contaminados con *Brucella* spp. donde *Brucella abortus*, *Brucella melitensis* y *Brucella suis* son las más virulentas para el humano (Acha y Szyfres, 2003; Lusk *et al.*, 2013).

En México es considerada una enfermedad endémica, en particular, en zonas donde la cría y explotación de ganado se encuentra presente; por lo que, para controlarla y erradicarla a nivel nacional se estableció la NOM-041-ZOO-1995, que tiene como objetivo principal el establecimiento de zonas libres de brucelosis animal por municipios, estados y regiones. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ubica al estado de Veracruz en fase de control, con una frecuencia de 0.22% a nivel nacional y en el estado de Veracruz de 0.02% (SAGARPA, 2018); no obstante, estudios en el estado indican prevalencias en bovinos de 0.18% a 12.02% (Aguilar, 2010; Vite *et al.*, 2011). De acuerdo con la Secretaría de Salud, en su boletín epidemiológico hasta la semana 28 de 2018 se han encontrado 934 casos de brucelosis humana a nivel nacional y de éstos, 17 corresponden al estado de Veracruz (SSA, 2018), si se toma en consideración que es una enfermedad de reporte obligatorio mensual de acuerdo a lo establecido por la NOM-017-SSA2-1994 para la vigilancia epidemiológica.

El estado de Veracruz se ha colocado dentro de los principales productores de leche a nivel nacional, donde las queserías locales son las que representan el mayor impacto en la compra y venta de leche fluida para su transformación, de manera tradicional y artesanal en diversos quesos entre los que destacan el fresco artesanal (Castro *et al.*, 2012). Por lo general, la mayor producción de queso se realiza con leche de vaca y es el de mayor consumo a nivel nacional, debido a que forma parte de dieta tradicional de la población mexicana (Valencia, 2001; Hervás, 2012); sin embargo, este queso es elaborado de manera artesanal, sin llevar a cabo una pasteurización y que no cumplen con los lineamientos de inocuidad establecidos en la NOM-243-SSA1-2010 para la elaboración de productos lácteos, y con ello implicarlo un riesgo para el consumidor debido a la transmisión de enfermedades,





como la brucelosis. Por tanto, se tiene que tener un control eficiente de ésta en los animales, cuyo efecto se verá reflejado sobre la incidencia de la brucelosis en el humano.

El diagnóstico de brucelosis se basa en pruebas microbiológicas y serológicas; si bien, las segundas son métodos rápidos, no siempre son sensibles o específicos porque pueden existir reacciones cruzadas con otros microorganismos, pero son en extraordinario económicos y aproximan mucho a la realidad (Leal *et al.*, 1995). Mientras que el método más confiable para el diagnóstico de brucelosis es todavía el aislamiento microbiológico para la identificación del patógeno y por ello, la prueba recomendada y definitiva, a pesar de que los procedimientos resulten ser lentos y poco exitosos aunados al riesgo de contagio por exposición (Leal *et al.*, 1999). Por otra parte, el uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) para la identificación de patógenos en alimentos ha sido implementada y aceptada cada día más, debido a su rapidez y sensibilidad, porque permite obtener resultados presuntivos en poco tiempo (Arasoglu *et al.*, 2013). Por lo que el objetivo de esta investigación, fue identificar de manera directa *Brucella* spp. mediante la técnica de PCR a partir de quesos frescos artesanales.

Materiales y métodos

El presente estudio fue epidemiológico transversal con un muestreo a conveniencia que se realizó en la zona centro del estado de Veracruz, México en muestras de queso de vaca fresco artesanal recolectadas en centros de acopio pertenecientes a los municipios de Acajete, Coatepec, Medellín, Tlaxicoyan y Veracruz. Se colectaron 100 muestras de queso (250 g) en bolsas herméticas e identificadas con lugar de procedencia y si hicieron uso de la pasteurización.

Análisis microbiológico

Posterior a ello, a las muestras de queso se les procedió a realizar el estudio bacteriológico en el laboratorio de microbiología de la Unidad de Diagnóstico de la Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana para el aislamiento de *Brucella* spp. con el uso de placas por duplicado con agar soya tripticasa





(TSA) (Difco, EUA) adicionado con 5% de suero de bovino estéril y suplemento selectivo de Farell (Oxoid, EUA) que contenía una mezcla de antibióticos las cuales fueron incubadas durante 5 a 10 días, donde una mitad se incubó en presencia de CO₂ y la otra en aerobiosis (Díaz *et al.*, 2000). Las colonias que resultaron sugestivas se tipificaron e identificaron con pruebas bioquímicas con protocolos ya establecidos para la identificación de la especie de *Brucella* (Alton *et al.*, 1976).

Análisis molecular

La identificación molecular se realizó en el Laboratorio de Diagnóstico del CENID Microbiología-INIFAP, se llevó a cabo la extracción de ADN por el método Fenol-Agua modificado a partir de muestras de queso fresco artesanal (Rezania *et al.*, 2011). Se realizó una maceración a partir de 10 g de queso con 10 mL de solución salina fisiológica; a continuación se tomaron 500 µL del macerado y se centrifugaron a 1,500 g para la obtención de un pellet. Se adicionaron 15 µL de lisozima y se dejaron en hielo durante 45 minutos, se agregaron 100 µL de solución STEMP (SDS 10%, Tris-HCl 1M, EDTA 0.5M, H₂O estéril) y 15 µL de proteinasa k y se mantuvo a 60°C durante una hora mezclándose durante ese tiempo. Se agregó un volumen 1:1 de fenol bufferado para después centrifugarse a 21,500 g durante 15 min para separar la fase acuosa y ésta se trasvasó a un tubo tipo Eppendorf con 750 µL de acetato de potasio, de igual forma se agregó un volumen 2:1 de etanol absoluto agitándose por inversión. Por último, la fase acuosa se decantó y se dejó evaporar hasta que el pellet se secó en su totalidad. El pellet final de ADN se resuspendió en una solución 10:1 de TE (Tris-HCl 1M, EDTA 0.5M, H₂O estéril) y se congeló a -20°C hasta su utilización.

Se realizó un PCR punto final con el empleo de los oligonucleótidos F4 (5'-TCGAGCGCCCGCAAGGGG-3') y R2 (5'-AACCATAGTGTCTCCACTAA-3') que amplificaron a 900 pb para el gen *16S rRNA* de *Brucella* spp. de acuerdo al protocolo establecido por Padilla *et al.* (2003) a partir de un volumen final de 25 µL que contenían 13 µL de RedTaq ReadyMix PCR Reaction Mix (SIGMA, EUA), 7 µL de agua libre de RNasas (Thermo Scientific, EUA), 1 µL de los oligonucleótidos (dNTPs) y 3 µL de ADN de la muestra; las reacciones de PCR se realizaron en un termociclador (Bio Rad, Thermal Cycle), observando las condiciones en el cuadro 1.





Cuadro 1. Condiciones de amplificación para PCR convencional.

Actividad	Temperatura (°C)	Tiempo	Ciclos
Desnaturalización inicial	95	10 min	1
Desnaturalización	95	30 s	30
Alineamiento	54	90 s	30
Extensión	72	90 s	30
Extensión final	72	10 min	1

La confirmación se efectuó con la técnica de PCR multiplex con la amplificación de la cepa vacunal RB51 de *B. abortus* con los iniciadores: RB51-1 (5'-TTAAGCGCTGATGCCATTTCTTCAC-3') y RB1-2 (5'-GCCAACCAACCCAAATGCTCACAA -3') que amplificaron a 1,298 pb a partir del gen *wboA* descrito por Vemulapalli *et al.* (1999) y la amplificación de la cepa S19 de *B. abortus* que se usa para la vacunación de bovinos, a partir de los iniciadores ERY-I (5'-TTGGCGGCAAGTCCGTCGGT-3') y ERY-II (5'-CCCAGAAGCGAGACGAAACG-3') que con un producto de 361 pb se buscaron los genes *ery-C-ery-D* descritos por Sangari *et al.*, 2000. La PCR se realizó a partir de un volumen final de 50 µL, que contenía 25 µL de amortiguador RedTaq ReadyMix PCR Reaction Mix (SIGMA, EUA), 19 µL de agua libre de RNasas (Thermo Scientific, EUA), 1 µL de cada oligonucleótido (dNTPs) y 2 µL de DNA de la muestra. Los ciclos de reacción para la identificación de *Brucella* por PCR multiplex se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones de amplificación para PCR multiplex.

Actividad	Temperatura (°C)	Tiempo	Ciclos
Desnaturalización inicial	94	5 min	1
Desnaturalización	94	1 min	30
Alineamiento	59	30	1
Extensión	72	1.5 min	1
Extensión final	72	5	1

Los productos de amplificación fueron observados en gel de agarosa al 1%, en TAE 0.5X teñidos con bromuro de etidio (0.5µg/mL) y se utilizó un marcador molecular de 1,000 a 3,000 pb (Plus DNA Ladder Thermo Scientific). La cámara de electroforesis se colocó en una fuente de poder a 1,000 voltios durante 60 minutos para observar los productos amplificados.





Los productos de amplificación para PCR punto final y multiplex fueron observados por electroforesis en geles de agarosa al 1%, durante 60 min a 1,000 voltios, teñidos con bromuro de etidio (0.5µg/mL).

Resultados y discusión

De las muestras analizadas de queso se obtuvo una colonia presuntiva de *Brucella* spp. a microbiología convencional (1.0 %; IC95%: 0.5-6.24), la cual pertenecía al municipio de Veracruz; aunque, a la resiembra de la misma, en medios específicos no fue posible debido a la contaminación que existía con otros microorganismos así como la dificultad al realizar el aislamiento en las demás muestras colectadas. Sin embargo, a la realización de la prueba de PCR punto final se obtuvo la amplificación de 900 pb de manera directa en las muestras de queso para *Brucella* spp, a la confirmación con PCR multiplex para la identificación de especie, la amplificación obtenida fue de 361 pb, que confirmó como resultado *Brucella abortus* cepa S19 y que corresponde a una cepa que se usa para la vacunación de bovinos contra la brucelosis.

Si bien, el diagnóstico microbiológico es la prueba definitiva para el diagnóstico de *Brucella* spp; la sensibilidad del método bacteriológico dependerá de la viabilidad y el número de UFC/g o mL de muestra, al considerar que para un aislamiento exitoso se necesitan ≥ 100 UFC/g o mL por muestra (Corbel, 2006; Martínez *et al.*, 2008). Estudios como el realizado por Villanueva (2010) demuestran la dificultad del aislamiento, donde no se obtuvo ninguno y se menciona que esto pudo deberse a la baja concentración bacteriana en las muestras de queso fresco.

Diversos estudios demuestran el uso de PCR como herramienta útil para el diagnóstico de *Brucella* spp. en productos lácteos como el realizado por Kiliç *et al.* (2016) que al realizar PCR en tiempo real lograron amplificar ADN en 13.9% (18/80), pues los autores mencionan que la presencia de la enfermedad se debía a una reciente infección. Rijpens *et al.* (1996) determinó la presencia de *Brucella* spp de manera directa de muestras de leche a partir de los genes 16S-23S rARN, que indica que la PCR es una alternativa clara para la problemática de la identificación de la bacteria por métodos convencionales. Olivera *et al.*





(2011) trabajaron con leche de cánidos para la identificación de *Brucella canis* que resultó positiva y diagnosticada con PCR punto final, para demostrar que las técnicas moleculares sirven para el diagnóstico directo de la enfermedad aunado a que puede convertirse en un protocolo de laboratorio el cual es rápido, sensible y que evita el contagio con el personal. Del mismo modo, es de importancia epidemiológica el resultado obtenido en esta investigación, no solo por la importancia del uso de las técnicas moleculares como PCR para un diagnóstico rápido y eficaz; sino, por ser un problema de salud pública debido a que en México, la cepa vacunal S19, dejó de ser utilizada desde 1997 y reintroducida para su uso y venta en 2006, debido a la interferencia diagnóstica que esta generaba por el aumento de títulos serológicos, puesto que de cierta manera, dificultaba la diferenciación de animales vacunados de los enfermos (SAGARPA, 2011). En México, Martínez *et al.* (2008) lograron identificar y diferenciar por PCR la cepa S19, bajo el mismo protocolo utilizado en esta investigación y que al tratarse de una vacuna viva atenuada es capaz de causar infección en el humano porque puede ser excretada por la leche después de un año post-vacunación. Otros autores diferenciaron por PCR en 81.08% (30/37) la cepa vacunal S19 en muestras de queso ilegales en Brasil al mencionar dos puntos importantes, el primero el peligro del consumo de queso por la inadecuada vacunación realizada y el segundo, sobre la efectividad de las técnicas moleculares para la identificación de *Brucella* spp y la diferenciación de cepas vacunales.

Conclusiones

1. Se demostró la presencia de *Brucella abortus* cepa S19 usada para la vacunación en bovinos en muestras de queso fresco artesanal de leche de vaca por medio de la prueba de PCR, que demuestra la eficacia de esta técnica para la identificación de *Brucella* spp. y la diferenciación entre cepas vacunales y de campo, debido a que identifica cantidades mínimas del patógeno; por lo que el protocolo de extracción de ADN y del PCR realizados en esta investigación pueden ser de utilidad para el diagnóstico de *Brucella* spp. en quesos frescos, además de disminuir el riesgo de contaminación.





Agradecimientos

El presente trabajo fue apoyado por el proyecto PRODEP Apoyo a la Integración de Redes Temáticas de Colaboración Académica No. DSA/103.5/15/I4220 titulado “Caracterización fenotípica y genotípica de la resistencia a antimicrobianos en cepas de *Brucella* spp.” Se agradece la colaboración del equipo del Laboratorio de Microbiología CENID-INIFAP por el apoyo brindado así como el uso de las instalaciones para el diagnóstico molecular.

Literatura citada

- Acha, P. N. y B. Szyfres. 2003. Zoonosis y Enfermedades Transmisibles Comunes al Hombre y a los Animales. Bacteriosis y Micosis Vol. I. Pan American Health. Washington, EUA. 395 p.
- Alton, G., L. Jones., R. Angus y M. Verger M. 1976. Las técnicas de los laboratorios en la brucelosis. 2 ed. Organización Mundial de la Salud. p. 11-63.
- Aguilar, B. G. 2010. Seroprevalencia y factores de riesgo asociados a brucelosis (*Brucella abortus*) en ganadería bovina de la zona sur de Veracruz, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Veracruz, Veracruz. México
- Arasoğlu, T., M. Güllüce., H. Özkan., A. Adigüzel and F. Şahin. 2013. PCR detection of *Brucella abortus* in cow milk samples collected from Erzurum, Turkey. Turk. J. Med. Sci. 43:501-508 doi:10.3906/sag-1205-121
- Castro, C. J., J. Coterá, y J. A. Zavaleta. 2012. Características de la Producción y Comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. Revista Mexicana de Agronegocios 16(30):816-824
- Corbel, M. J. 2006. Brucellosis in humans and animals. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Organization for Animal Health. 86 p
- Díaz, A. E., L. Hernández A., G. Valero E., B. Arellano R., F. Aguilar R., E. Alfonseca S., *et al.* 2000. Diagnóstico de Brucelosis Animal. 2a. ed. INIFAP. México, D.F. 210 p





- Hervás, S. A. 2012. El mercado del queso en México. Instituto Español del Comercio Exterior. <http://internacional.ivace.es/...XICOQUESOICEX2012-/M%C3%89XICOQUESOICEX2012%20.pd>
- Kiliç, S., Y. Akin Y., G. Sevil, G. Semra, D. Mehmet, K. Oktay and Y. Osman. 2016. An Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for *Brucella* Specific Antibody and Real-Time PCR for Detecting *Brucella* Spp. in Milk and Cheese in Şanlıurfa, Turkey. Pak. Vet. J. 37(1):39-42
- Leal, K. D., I. Martínez V., A. López-M. and J. P. Martínez S. 1995. Single-Step PCR for Detection of *Brucella* spp. from Blood and Milk of Infected Animals. Journal of Clinical Microbiology 33(12):3087-3090.
- Leal, K. D., A. Barbosa P., M. Flores T., A. López M. y J. Martínez S. 1999. Epidemiología molecular de un foco primario de brucelosis en el estado de México. Biotecnología Aplicada 16:149-153.
- Lusk, T. S, E. Strain and J. A. Kase. 2013. Comparison of six commercial DNA extraction kits for detection of *Brucella neotomae* in Mexican and Central American-style cheese and other milk products. Food Microbiol.34:100-105 doi: 10.1016/j.fm.2012.11.007
- NOM-017-SSA-1994 Bienes y Servicios. Para la vigilancia epidemiológica.
- NOM-041-ZOO-1995. Bienes y Servicios. Campaña Nacional contra la Brucelosis de los Animales. México. Norma Oficial Mexicana.
- NOM-243- SSA1-2010. Secretaría de Salud y Asistencia SSA. 2012. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Martínez, H. D., N. Lara A., A. Carrasco G., A. Peniche C., F. Barradas P., M. Villanueva V. et al. 2008. Uso de ratones albinos como modelo de infección para el aislamiento de *Brucella abortus* a partir de leche. p. 466-473. In: XXI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano.
- Olivera, M., C. A. Giraldo, C. Di-Lorenzo. 2011. Identificación por PCR de *Brucella canis* en sangre y leche canina. Reporte de un caso. Arch. Med. Vet. 43:295-298.
- Padilla, C., Y. Montoya y C. Carrillo. 2003. Estandarización de una prueba de PCR para la detección de *Brucella* sp. Rev. Peru Med. Salud Publica 20:102-104.





- Rezania, S., N. Amirmozaffari, B. Tabarraei, M. Jeddi T., O. Zarei O., R. Alizadeh R., et al. 2011. Extraction, Purification and Characterization of Lipopolysaccharide from *Escherichia coli* and *Salmonella typhi*. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology* 3(1):3-9.
- Rijpens, N., G. Jannes, M. Van Asbroeck, R. Rossau and L. Herman. 1996. Direct Detection of *Brucella* spp. in Raw Milk by PCR and Reverse Hybridization with 16S-23S rRNA Spacer Probes. *Applied and Environmental Microbiology* 62(5):1683-1688.
- SAGARPA. 2011. Prevención de brucelosis en rumiantes. Manual de capacitación. No 2. INIFAP 44 p.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2018. Indicadores de la Campaña Nacional contra la Brucelosis en los animales. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/indicadores-de-la-campana-nacional-contra-la-brucelosis-en-los-animales>
- Sangari, F., J. Agüero, and J. García L. 2000. The genes for erythritol catabolism are organized as an inducible operon in *Brucella abortus*. *Microbiology* 146:487-495
- SSA. (Secretaría de Salud). 2018. Boletín epidemiológico Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sistema Único de Información. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/salud/documentos/boletinepidemiologico-sistema-nacional-de-vigilancia-epidemiologica-sistema-unico-de-informacion-163365>
- Valencia, M. O. 2001. Manual para la elaboración de productos lácteos. Colima, México. UCOL. 73 p
- Vemulapalli, R., J. McQuiston, G. Schurig, N. Sriranganathan, S. Halling, and S. Bole. 1999. Identification of an IS711 element interrupting the *wboA* gene of *Brucella abortus* vaccine strain RB51 and PCR assay to distinguish strain RB51 from other *Brucella* species and strains. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology* 6(5):760-764.
- Villanueva, V. M. 2010. Frecuencia de *Brucella* spp., *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli* O157:H7 en quesos frescos sin pasteurizar colectados en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Tesis de Maestría Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Veracruz. México. 86 p.
- Vite, C., F. Alpirez., M. del Angel y A. Escobar. 2011. Diagnóstico de enfermedades asociadas a la reproducción en bovinos. *Agro entorno* 14(136):36-37





PROPUESTA PARA EL CÁLCULO DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LAS LAGUNAS CHACAHUA Y PASTORIA, OAXACA

Rafael A. Guajardo Panes^{359*}, Saray Baizabal Rivera³⁶⁰, Gabriel Díaz Padilla³⁵⁹, Finlandia Barbosa
Moreno³⁶¹, José Antonio Cueto Wong³⁶² e Ignacio Sánchez Cohen³⁶¹

Resumen

El presente trabajo plantea una propuesta para calcular un índice de calidad de agua (ICA) empleando datos temperatura del agua, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, dureza y cloruros registrados en 67 puntos distribuidos en las lagunas de Chacahua y Pastoría. Las muestras fueron tomadas antes y durante el periodo de lluvias para identificar si éste fenómeno influye en el índice. Los datos se analizaron para comprobar su normalidad, para definir el uso de la prueba t-Student o la prueba de Mann-Whitney y probar la hipótesis de igualdad de medias o medianas, según fuera el caso. Se observó que la concentración de los elementos es similar en ambas lagunas excepto en el registro de oxígeno disuelto en la temporada previa al periodo de lluvias ($p=0.2422$). Con el proceso de interpolación inverso de la distancia, se observó la variación espacial y temporal de cada una de las variables. En general, la calidad del agua varía de contaminado a poco contaminado en ambas lagunas, sin embargo, la laguna de Pastoría registra valores de ICA de 43.86 a 47.15, que están por debajo de los registrados en Chacahua (45.50 a 50.88) en el primer muestreo, mientras que para el segundo muestreo los valores varían de 45.16 a 52.33 en Pastoría y de 47.18 a 53.87 para Chacahua.

Palabras clave: índice de calidad de agua, lagunas, espacio-tiempo, interpolación

³⁵⁹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo-Centro. Campo Experimental Cotaxtla / S.E. Teocelo. * guajardo.rafael@inifap.gob.mx.

³⁶⁰ Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán.

³⁶¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Pacífico-Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

³⁶² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Disciplinaria Relación Agua, Suelo, Planta y Atmósfera.





Introducción

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 humana, la expansión de la actividad agro-industrial y la amenaza del cambio climático causan importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (ONU, 2010-2015), 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 áreas que se pueden encontrar a diferentes gradientes altitudinales e incluso en áreas que se encuentran conectadas al mar proporcionando fuentes del vital líquido a los ecosistemas y proporcionando sustento a los habitantes que se encuentran en dicho entorno y debido a esto, la calidad del agua debe ser regularmente monitoreada. Por lo anterior, es importante establecer técnicas adecuadas que coadyuven a caracterizar la calidad del agua, a través de la medición de parámetros controlables. El Índice de Calidad de Agua (ICA) es un sistema cuantitativo que permite realizar comparaciones de niveles de contaminación en diferentes áreas (SEMARNAT, 2007). Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características fisicoquímicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad o estándares (ONU, 2010-2015).

En México se cuenta con datos públicos sobre la calidad del agua desde 1990; sin embargo, la forma en que las autoridades la han medido es variada, provocando así una gran dificultad para conocer cómo ha evolucionado e incluso cuál es el estado exacto de la misma (Jiménez, 2007). Se registra una gran diversidad de trabajos en los que se abordan diferentes metodologías para calcular el ICA, en donde el agua se encuentra en diferentes condiciones. Hoyo (2015) presenta un análisis de calidad del agua de la descarga del rastro municipal de Villa Victoria al embalse con el mismo nombre, la cual, a pesar de tener una planta de tratamiento a su disposición, no está controlada. Mediante un modelo aditivo calcula un índice empleando los parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, nitritos, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales. En base a estos indicadores se encontró que existe una relación directa entre la naturaleza de las diversas actividades humanas y el grado de contaminación del agua. Otro estudio realizado en lagunas insulares costeras de Cozumel e Isla Mujeres, municipios del estado de Quintana Roo se analizó la calidad del agua para determinar la factibilidad del uso recreativo a partir de variables físicas





y químicas tales como profundidad, transparencia, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, concentración de clorofila, demanda química y bioquímica de oxígeno, concentración de ortofosfatos, nitratos y nitritos (Cervantes *et al.*, 2015). Rubio *et al.* (2014) determinó un ICA para la presa La Boquilla en Chihuahua, México a través del muestreo de seis puntos seleccionados aleatoriamente y con muestras de agua que fueron colectadas mensualmente. El ICA fue calculado a través de pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura del agua, cloruros, dureza total y turbidez.

En base a lo anterior y dada la importancia de la calidad del agua en México, el presente trabajo aborda la problemática de estimar un ICA en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, ya que este ambiente es un factor preponderante para la flora, la fauna y los habitantes que se encuentran asentados en ella y en sus alrededores. Se emplearon para el cálculo del ICA indicadores que fueron medidos, previo a la temporada de lluvias y durante las lluvias. Este trabajo aporta a los interesados en el tema, indicadores alternativos para el cálculo del ICA, así como metodologías geoestadísticas que proporcionan una visión sobre la variación de este indicador entre lagunas en dos etapas de tiempo.

Materiales y métodos

El área de estudio comprende las lagunas de Chacahua y Pastoría que se localizan en la franja costera del municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, en el distrito de Juquila, la cual forma parte de la región Costa del estado de Oaxaca. Las lagunas forman parte de un área natural protegida que se localiza entre los 15°59'11" y los 16°00'58" de latitud norte y 97°31'38" y los 97°47'23" de longitud oeste, ambas lagunas ocupan una superficie de 3,423 ha (CONABIO, 2009) (Figura 1). Las lagunas se encuentran interconectadas a través de un canal nombrado El Corral. Antiguamente ambas lagunas contaban con conexión al mar, lo que permitía el intercambio de agua a través de la variación de las mareas. En la actualidad la laguna de Chacahua conserva un canal de 100 metros de ancho con comunicación al mar, en tanto que la laguna de Pastoría se encuentra bloqueada con un montículo de arena de aproximadamente 150 m que obstruye el intercambio de agua desde el año 2011, aproximadamente. Ambas lagunas tienen conexiones con corrientes de



agua intermitentes muy notorias en la temporada de lluvias, en los meses de junio y septiembre (CONAGUA, 2017), de estas corrientes sobresalen los ríos San Francisco y Chacalapa.

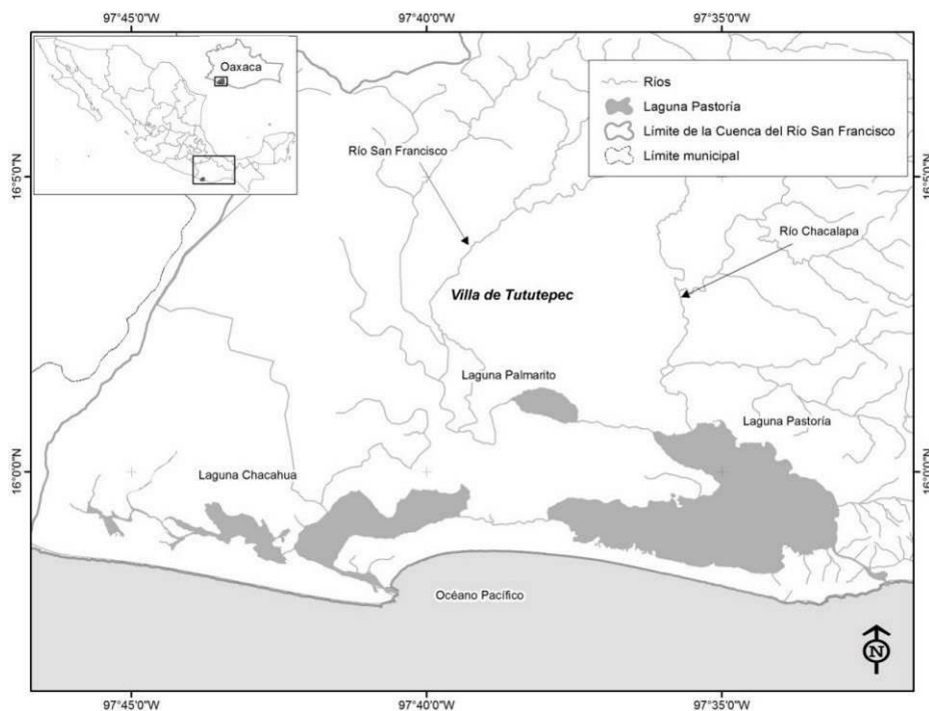


Figura 1. Ubicación de las lagunas de Chacahua y Pastoría en el municipio de Villa de Tututepec en el estado de Oaxaca.

Para contar con resultados representativos fue necesario realizar un esquema de muestreo con tres características primordiales: estadísticamente robusto, que contara con representación espacial y contemplara dinamismo temporal, es decir, considerar la temporada previa y durante la época de lluvias. Los detalles del esquema de muestreo se encuentran en el trabajo desarrollado por Guajardo *et al.* (2017).

La toma de muestras se realizó por medio de recorridos en lancha a los puntos de muestreo identificados debidamente con una clave única y su ubicación especificada en latitud y longitud. La toma de muestras estuvo bajo la responsabilidad de personal del Laboratorio de Análisis Instrumental del Colegio de la Frontera Sur, cuya actividad consistió en tomar muestras de agua a una profundidad de 15 cm (superficiales), así como registrar parámetros en campo tales como temperatura ambiente, temperatura del agua, conductividad eléctrica, acidez (pH), oxígeno disuelto, turbiedad y sólidos disueltos totales; así mismo, en sus



instalaciones realizaron la estimación de sodio, calcio, hierro, cloruros, bicarbonatos, magnesio, carbonatos, sulfatos coliformes totales y fecales.

Se encuentran disponibles diferentes metodologías para calcular ICA contemplando diferentes parámetros: aditivos y multiplicativos; estos últimos son los más sensibles a la variación de los parámetros, además de que reflejan con mayor precisión un cambio de calidad del agua (Landwehr y Denninger, 1976).

Para el caso del presente estudio se aplicó una variación de los ICA propuestos por Dinius (1987) y el Instituto de Ingeniería de la UNAM considerando la propuesta de Brown *et al.* (1973) en el que se considera una técnica multiplicativa expresada en la ecuación 1:

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q_i^{W_i}] \quad 1$$

Dónde W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla la sumatoria igual a uno; Q_i es la calidad del parámetro en función de su concentración y cuya calificación oscila entre 0 y 100; en tanto que \prod representa la operación multiplicativa de las variables correspondientes a la temperatura del agua, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, dureza y cloruros. Cada una de estas variables se encuentra representada en Q y se elevan a la W potencial (León, 1991) quedando conformada en la ecuación 2:

$$ICA = Q_{Temp}^{0.15} \times Q_{CE}^{0.10} \times Q_{pH}^{0.25} \times Q_{OD}^{0.25} \times Q_{SDT}^{0.10} \times Q_D^{0.10} \times Q_{Clrs}^{0.05} \quad 2$$

Los intervalos del ICA generales se resumen en el Cuadro 1, el cual se encuentra clasificado de acuerdo a la CONAGUA (2002).

La toma de muestras se programó para el 24 de mayo (primer muestreo) y el 5 de septiembre (segundo muestreo) de 2017, las muestras se recolectaron de acuerdo a las normas oficiales mexicanas correspondientes.

Una vez que fueron entregados los resultados del análisis, se conformó una base de datos en Excel y exportada a el programa Minitab 17.2.1 (Minitab Inc., 2017) en su versión de prueba, con el cual se realizó un análisis estadístico exploratorio, el cual constó en obtener estadísticas descriptivas y gráficos de cajas y alambres e histogramas para identificar datos anómalos y observar la distribución de los datos. Se aplicaron pruebas de normalidad de





Anderson-Darling (Anderson y Darling, 1954) y a partir de los resultados de esta prueba, se determinó emplear la prueba t-Student (Student, 1908) para datos con distribución normal y la prueba de Mann-Whitney (Mann y Whitney, 1947) en datos que no siguen dicha distribución, con el fin de verificar si existen diferencias entre observaciones tanto entre lagunas como etapas de muestreo.

Cuadro 1. Escala de clasificación del ICA.

ICA		USOS DEL AGUA					
Valor (%)	Criterio general	Abastecimiento Público	Recreación General	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola	Navegación	
100	No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación	A c c e p t a b l e	
90		Requiere purificación ligera			Requiere purificación ligera para algunos procesos		
80	Aceptable						
70							
60	Poco contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable más no recomendable	Aceptable, excepto para especies muy sensibles	No requiere tratamiento para uso en la industria		
50				Dudoso para especies sensibles			
40	Contaminado	Dudoso	Dudoso	Sólo organismos muy resistentes	Requiere tratamiento para uso en la mayor parte de la industria		
30			Evitar contacto con el agua				
20	Altamente contaminado	Inaceptable	Señal de contaminación	Inaceptable	Uso muy restringido		Contaminado
10							Inaceptable
0					Inaceptable		

Nota: Los intervalos de las categorías del ICA son: 0-29 %, Altamente contaminado; 30%-49%, Contaminado; 50%-69%, Poco contaminado; 70%-84%, Aceptable; 85%-100%, No contaminado. La escala actual incluye diferencias tanto en algunos intervalos como en las denominaciones de algunas categorías respecto de las que se publicaron en la edición anterior de esta obra, lo cual obedece a que se busca tanto describir técnicamente de mejor manera lo que en la naturaleza ocurre, como lograr una mejor interpretación de la calidad del agua en el ámbito nacional.

Posteriormente, la base de datos se incorporó a un Sistema de Información Geográfica (SIG) de libre acceso QGIS 3.0.3 Girona (Free Software Foundation, Inc., 2017), con el cual se realizaron procesos de interpolación el cual se describe como un proceso que estima valores desconocidos tomando como base los valores registrados en puntos conocidos. El método empleado en este trabajo fue el inverso de la distancia al cuadrado (IDW, por sus siglas en





inglés) (Philip y Watson, 1982), el cual consiste en ponderar el valor de los puntos existentes de acuerdo a la distancia de los puntos que estén alrededor del área al punto al que se estimará el dato, dando como resultado una o varias capas llamadas raster o grid que dan forma a un mapa digital (Díaz *et al.*, 2008).

Resultados y discusión

Se determinó que se contaba con recursos suficientes para considerar un total de 67 puntos de muestreo el cual ofrece un nivel de confianza del 95% y margen de error de estimación del 10%, cada punto fue identificado con su correspondiente ubicación geográfica y distribuido de forma aleatoria en cada una de las lagunas, 26 para Chacahua y 40 para Pastoría, los periodos de recolección se establecieron para el 25 de mayo (primer muestreo) y para el 9 de septiembre (segundo muestreo).

La descripción de resultados se enfocará solamente a las variables que fueron empleadas para generar el ICA. En la Figura 2, se observa la variación de los indicadores entre lagunas y entre muestreo.

En lo que respecta a las pruebas de normalidad, solo la variable temperatura del agua en la laguna de Chacahua no registra comportamiento como una distribución normal para el primer y segundo muestreo ($p=0.0050$ y $p=0.0200$, respectivamente). Para la laguna de Pastoría, los valores de p resultaron favorables para no rechazar la hipótesis de normalidad en los indicadores de temperatura del agua y oxígeno disuelto en el segundo muestreo con valores de $p=0.4480$ y $p=0.8630$, respectivamente y para el indicador de cloruros en el primer muestreo ($p=0.5540$) (Cuadro 2a).

En lo referente a las comparaciones entre el primer y segundo muestreo, existe evidencia estadística para afirmar que no hay diferencia en los valores de pH en la laguna de Chacahua. Para el resto de los indicadores, en ambas lagunas, existen diferencias significativas entre muestreos. En lo que respecta a la comparación entre lagunas, se observó que en el primer muestreo, no se registraron diferencias significativas en la concentración de oxígeno disuelto (Cuadro 2b).



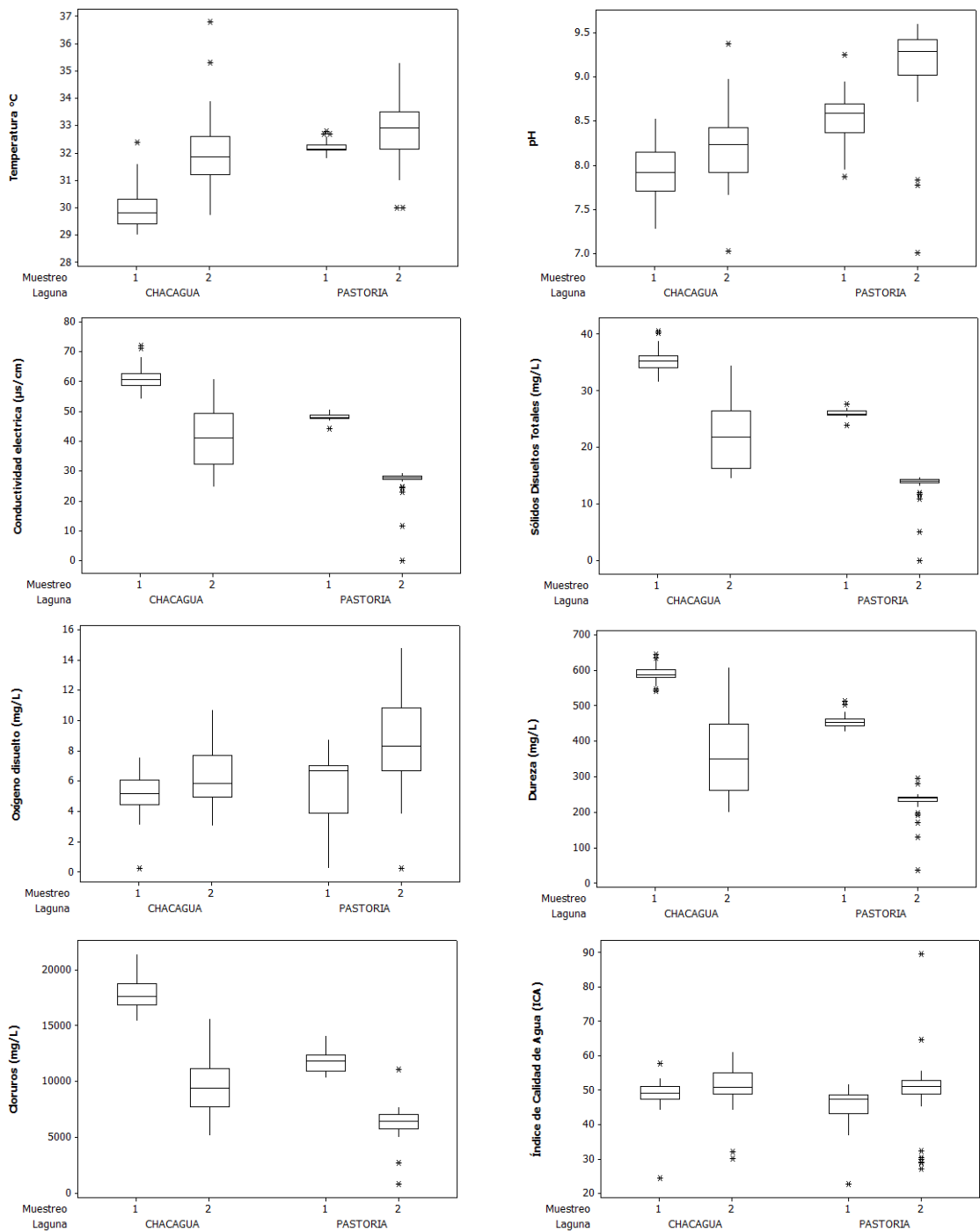


Figura 2. Gráficos de cajas y alambres de las variables empleadas para realizar el cálculo del ICA.





Cuadro 2. Valores de p asociados a las pruebas de hipótesis de normalidad y comparación de medias (t-Student) y de medianas (Mann-Whitney) entre muestreos y lagunas.

a) Comparación entre muestras

Laguna	Variable	Variable codificada	Muestreo	N	Media	Desv.Est.	Prueba de normalidad*		Prueba	Prueba diferencia de medias**	
							Valor A-D	Valor p		Valor crítico	Valor p
Chacahua	Temperatura del agua	T_H2O	1	22	30.03	0.86	1.12	0.0050	Mann-Whitney	300.00	0.0000
			2	22	32.16	1.65	0.83	0.0200			
	pH	pH	1	22	7.92	0.35	0.29	0.5790	t-Student	-2.01	0.0580
			2	22	8.22	0.50	0.41	0.3180			
	Conductividad eléctrica	C_Elec_ms	1	22	61.39	4.55	0.72	0.0510	t-Student	8.54	0.0000
			2	22	42.05	10.80	0.29	0.5820			
	Sólidos disueltos	SDT	1	22	35.40	2.29	0.60	0.1030	t-Student	9.54	0.0000
			2	22	22.48	6.41	0.50	0.1830			
Oxígeno disuelto	O_Dis	1	22	5.15	1.73	0.54	0.1470	t-Student	-3.38	0.0030	
		2	22	6.21	1.97	0.35	0.4470				
Cloruros	Cloruros	1	22	17,818.00	1,403.00	0.17	0.9200	t-Student	12.67	0.0000	
		2	22	9,546.00	2,671.00	0.41	0.3220				
Pastoria	Temperatura del agua	T_H2O	1	40	32.22	0.23	1.12	0.0050	Mann-Whitney	2420.00	0.0000
			2	40	32.85	1.19	0.35	0.4480			
	pH	pH	1	40	8.54	0.27	1.04	0.0090	Mann-Whitney	972.00	0.0000
			2	40	9.11	0.52	3.80	0.0005			
	Conductividad eléctrica	C_Elec_ms	1	40	48.16	1.13	8.45	0.0050	Mann-Whitney	2420.00	0.0000
			2	40	26.54	5.14	1.12	0.0005			
	Sólidos disueltos	SDT	1	40	25.99	0.66	1.20	0.0050	Mann-Whitney	2420.00	0.0000
			2	40	13.31	2.68	8.41	0.0050			
Oxígeno disuelto	O_Dis	1	40	5.65	2.02	2.69	0.0050	Mann-Whitney	1135.50	0.0000	
		2	40	8.56	2.93	0.21	0.8630				
Cloruros	Cloruros	1	40	11,765.00	909.00	0.31	0.5540	Mann-Whitney	2409.00	0.0000	
		2	40	6,288.00	1,477.00	2.24	0.0050				

* Valor de $p < \alpha = 0.05$ no existe evidencia estadística de que los datos se ajusten a la distribución normal.

** Valor de $p < \alpha = 0.05$ no existe evidencia estadística de que los indicadores sean iguales en ambos muestreos.

b) Comparación entre lagunas

Variable	Variable codificada	Laguna	Muestreo	N	Media	Desv.Est.	Prueba de normalidad*		Prueba	Prueba diferencia de medias**	
							Valor A-D	Valor p		Valor crítico	Valor p
Temperatura del agua	T_H2O	Chacahua	1	22	30.03	0.86	1.12	0.0050	Mann-Whitney	285.00	0.0000
		Pastoria	1	40	32.22	0.23	1.12	0.0050			
		Chacahua	2	22	32.16	1.65	0.83	0.0200	Mann-Whitney	521.00	0.0116
		Pastoria	2	40	32.85	1.19	0.35	0.4480			
pH	pH	Chacahua	1	22	7.92	0.35	0.29	0.5790	Mann-Whitney	318.00	0.0000
		Pastoria	1	40	8.54	0.27	1.04	0.0090			
		Chacahua	2	22	8.22	0.50	0.41	0.3180	Mann-Whitney	351.50	0.0000
		Pastoria	2	40	9.11	0.52	3.80	0.0005			
Conductividad eléctrica	C_Elec_ms	Chacahua	1	22	61.39	4.55	0.72	0.0510	Mann-Whitney	1133.00	0.0000
		Pastoria	1	40	48.16	1.13	8.45	0.0050			
		Chacahua	2	22	42.05	10.80	0.29	0.5820	Mann-Whitney	1086.50	0.0000
		Pastoria	2	40	26.54	5.14	1.12	0.0005			
Sólidos disueltos totales	SDT	Chacahua	1	22	35.40	2.29	0.60	0.1030	Mann-Whitney	1133.00	0.0000
		Pastoria	1	40	25.99	0.66	1.20	0.0050			
		Chacahua	2	22	22.48	6.41	8.41	0.0050	Mann-Whitney	1126.00	0.0000
		Pastoria	2	40	13.31	2.68	0.50	0.1830			
Oxígeno disuelto	O_Dis	Chacahua	1	22	5.15	1.73	0.54	0.1470	Mann-Whitney	613.00	0.2422
		Pastoria	1	40	5.65	2.02	2.69	0.0050			
		Chacahua	2	22	6.21	1.97	0.35	0.4470	t-Student	-3.75	0.0000
		Pastoria	2	40	8.56	2.93	0.21	0.8630			
Cloruros	Cloruros	Chacahua	1	22	17,818.00	1,403.00	0.17	0.9200	t-Student	18.24	0.0000
		Pastoria	1	40	11,765.00	909.00	0.31	0.5540			
		Chacahua	2	22	9,546.00	2,671.00	0.41	0.3220	Mann-Whitney	1039.50	0.0000
		Pastoria	2	40	6,288.00	1,477.00	2.24	0.0050			

* Valor de $p < \alpha = 0.05$ no existe evidencia estadística de que los datos se ajusten a la distribución normal.

** Valor de $p < \alpha = 0.05$ no existe evidencia estadística de que las concentraciones sean iguales en ambas lagunas.

Finalmente, en lo referente a los valores del ICA se observó que para el primer muestreo varía de 45.50 a 50.88 en la laguna de Chacahua y de 43.86 a 47.15 en la laguna de





Pastoría; en tanto que, para el segundo muestreo, los niveles de calidad de agua oscilaron entre 47.18 y 53.87 en la laguna de Chacahua y de 45.16 a 52.33 en Pastoría. Dichos intervalos indican que la calidad del agua, en términos generales, en Chacahua es poco contaminado y puede considerarse que para la vida acuática el agua de esta laguna es aceptable, excepto para especies muy sensibles a la falta de oxígeno y niveles de pH. En contraste, Pastoría registra valores de ICA que en términos generales, se considera como contaminada y que dicha calidad es cuestionable para especies muy sensibles a los niveles bajos de oxígeno y aguas muy ácidas o muy alcalinas.

En cuanto a la variación espacial del ICA en ambas lagunas, en la Figura 3 se observa que previo a la temporada de lluvias (primer muestreo), el agua de las lagunas tiene un índice de calidad promedio menor que el que se presenta en la temporada de lluvias (segundo muestreo) y este comportamiento se observa para ambas lagunas con excepción de algunos puntos.

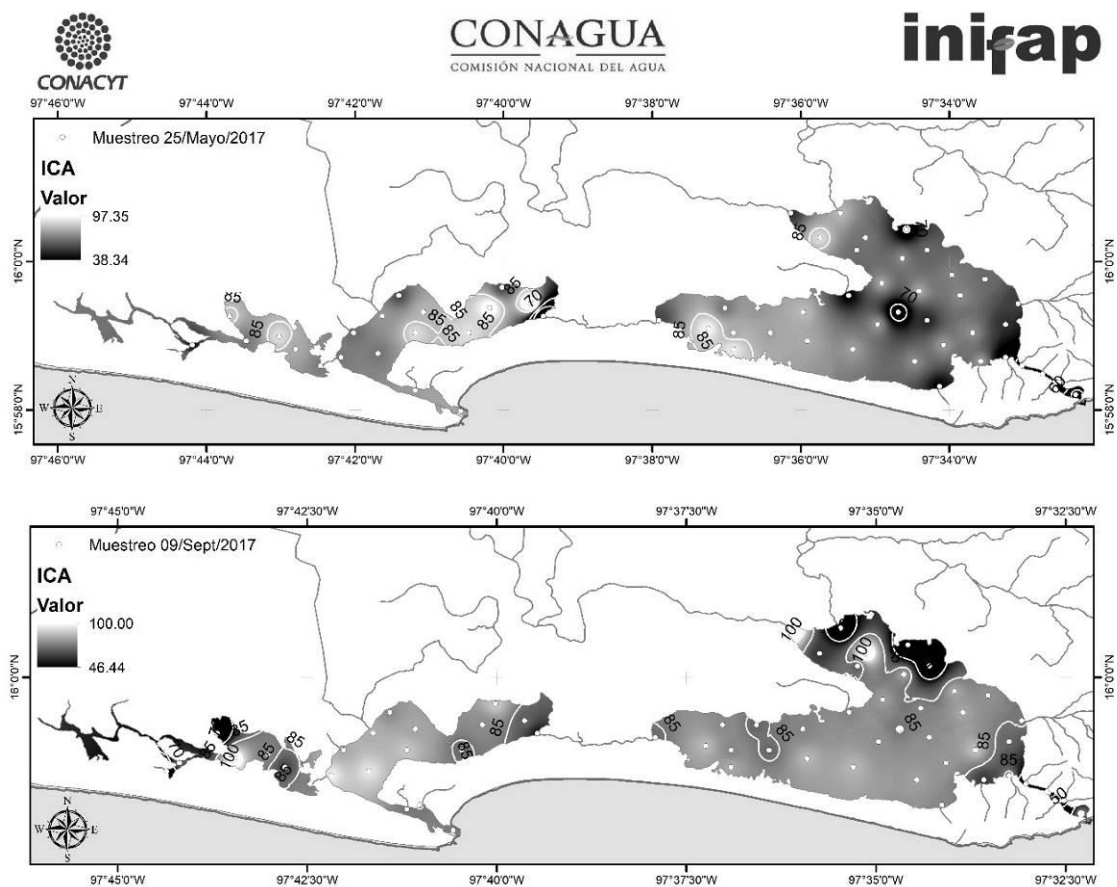


Figura 1. Distribución y variación del ICA en las lagunas de Chacahua y Pastoría para cada uno de los muestreos realizados.





Estas diferencias pueden ser atribuidas a que en Pastoría la contaminación puede deberse a factores antropogénicos como escurrientías domésticas provenientes de los asentamientos humanos cerca del complejo lagunar, al escurrimiento de elementos químicos empleados en campos agrícolas o a factores que pueden presentarse al interior de las lagunas, como el estancamiento de agua provocado por el taponamiento de su bocabarra que conecta al mar, lo que limita la circulación a través del incremento y disminución de las mareas, ya que la unión que cuenta con la laguna de Chacahua por medio del canal El Corral no es suficiente para permitir el movimiento al interior de Pastoría.

Conclusiones

1. Un aspecto importante que se observó en este estudio, es que los comportamientos de los elementos considerados para el cálculo del ICA tienen variación dinámica en espacio y tiempo debido a que en el sistema lagunar pueden influir condiciones climáticas como fisiográficas y de mareas que ingresan por la bocabarra de Chacahua, los cuales se deberán probar con un estudio que considere estos factores. 2. En base al cálculo del ICA, puede considerarse que el agua de ambas lagunas puede ser propicio para la vida acuática y pesca de especies que tienen cierta tolerancia a este tipo de aguas tales como camarón, trucha, carpa, bagre, entre otros. Así mismo, el uso recreativo puede ser aceptable, más no recomendable siempre y cuando el índice de calidad no disminuya. Es importante destacar que una de las ventajas con las que cuenta el complejo lagunar Chacahua-Pastoría es la presencia del manglar cuyos beneficios se ven reflejados como filtros biológicos y albergan una gran variedad de fauna acuática que son fuente de subsistencia para los habitantes de la zona. 3. Adicionalmente fue posible aplicar una ecuación para calcular el ICA para el complejo lagunar, en donde el índice de calidad del agua resultó ligeramente mayor en la temporada de lluvias, por lo que es ampliamente necesario considerar un estudio posterior en donde se aborde la influencia de las corrientes de los ríos que desembocan en dichas lagunas, así como realizar simulaciones en donde se muestre los posibles escenarios que puedan presentarse en casos extremos, tales como el taponamiento de la bocabarra de





Chacahua o la remoción del banco de arena que se encuentra en la bocabarra de la laguna de Pastoría.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento al Fondo Sectorial CONACYT-CONAGUA por el financiamiento que dio origen al presente trabajo 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

- Anderson, T. W. and D. A. Darling. 1954. A Test of Goodness-of-Fit. *Journal of the American Statistical Association* 49:765-769.
- Brown. R. y McClelland, N. 1973. Water quality index. Application in the Kansas river basin. 46th Conference water pollution. Fed., Cleveland, Ohio.
- Cervantes, M. A., M. Gutiérrez A. y T. Álvarez L. 2015. Indicadores de calidad del agua en lagunas insulares costeras con influencia turística: Cozumel e Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis*. p 60-83.
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PS20_Chacahua_Pastoria_caracterizacion.pdf.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2017. Información Climatológica por Estado. Obtenido de <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=oax>.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2002. Índice de calidad del agua. Comisión Nacional del Agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.





- Dinius, S. H. 1987. Design of a water quality index. W.R. Bulletin 23(5):833-843.
- Diario Oficial de la Federación. 2011. Carta Nacional Acuícola. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Díaz, P. G., I. Sánchez C., R. Quiroz, J. Garatuzza P., C. Watts T., I. R. Cruz M. *et al.* 2008. Interpolación espacial de la precipitación pluvial en la zona de barlovento y sotavento del Golfo de México. 34(3):279-287.
- Free Software Foundation, Inc. 2017. QGIS 3.0.3 Girona. <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>.
- Guajardo, P. R. A., G. Díaz P., F. Barbosa M., J. A. Cueto W. e I. Sánchez C. 2017. Esquema de muestreo para estudiar calidad del agua en cuerpos de almacenamiento naturales: Estudio de caso, lagunas Chacahua y Pastoría, Oaxaca. Colegio Mexicano de Ingenieros en Irrigación. <http://comeii.com/comeii2017/assets/documentos/ponencias/extenso/COMEII-17013.pdf>
- Hoyo, de L. M. E. 2015. Análisis de la calidad del agua de la descarga del rastro municipal de Villa Victoria, Estado de México. Tesina de especialidad. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de México. México. 55 p.
- Jiménez, C. B. E. 2007. Información y calidad de agua en México. Trayectorias 9(24):45-56.
- Instituto de Ingeniería-UNAM, 1974. Estudio limnológico del Lago de Chapala, tercera etapa. Dirección General de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación, Subsecretaría de Recursos Hidráulicos, México, D.F. 2: sin páginas.
- Landwehr, J. and R. Denninger. 1976. Comparison of several water quality indices. Water Pollution Control Fed., 48(5):954-958.
- León, V. L. F. 1991. Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 7.
- Mann, H. B. and D. R. Whitney. 1947. On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. Annals of Mathematical Statistics. 18(1):50-60.
- Minitab Inc. 2017. Minitab 17. Trial version. Disponible en: <http://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/free-trial>.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2010-2015. El agua, fuente de vida. Obtenido de Decenio Internacional para la Acción: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/background.shtml>.





- Philip, G. M. and D. F. Watson. 1982. A Precise Method for Determining Contoured Surfaces. Australian Petroleum Exploration Association Journal 22:205-212.
- Rubio, A. H. O., R. C. Ortiz D., R. M. Quintana M., R. A. Saucedo T., J. M. Ochoa R., y N. I. Rey B. 2014. Índice de calidad de agua (ICA) en la Presa La Boquilla en Chihuahua, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 1(2):139-150.
- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2007. Compendio de Estadísticas Ambientales 2010. Obtenido de SEMARNAT: http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServiet28b9.html
- Student. 1908. The probable error of a mean. Biometrika (6):1-25.





DETECCIÓN DE *Candidatus Liberibacter asiaticus* MEDIANTE PCR-PUNTO FINAL, UTILIZANDO INICIADORES DISEÑADOS A PARTIR DE LOS GENES *Omp* Y *Clibasia_02425*

Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera^{363*}, Isidro Humberto Almeyda León³⁶⁴, María Genoveva
Alvarez Ojeda³⁶⁵, Carlos Hernández Guerra³⁶⁶ y Alberto Mendoza Herrera³⁶⁷

Resumen

El método oficial para la detección del agente causal del Huanglongbing (HLB), la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLAs) es la Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real (PCR-TR) por su mayor sensibilidad y especificidad, utilizando iniciadores que amplifican fragmentos de los genes 16S ribosomales. Sin embargo, en ocasiones aún con esta técnica no es posible detectar a la bacteria en muestras asintomáticas o con síntomas iniciales de la enfermedad. Por esta razón el objetivo de este trabajo fue detectar a CLAs en muestras de cítricos mediante PCR-punto final, utilizando los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 y F-C6XFB8/R-C6XFB8, diseñados a partir de los genes *Omp* y *Clibasia_02425* que codifican para proteínas de membrana externa. Como testigo se utilizaron los iniciadores convencionales OI1/OI2c. De 18 muestras de cítricos colectadas en el Estado de Veracruz y utilizadas en este trabajo, se detectó a la bacteria en ocho y tres muestras con los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 y F-C6XFB8/R-C6XFB8 respectivamente. Una de las ocho muestras donde se detectó CLAs con los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 y F-C6XFB8/R-C6XFB8, provenía de una planta asintomática. Con los iniciadores OI1/OI2c solamente se detectó a CLAs en seis muestras y todas con los síntomas típicos de infección con HLB. A nuestro conocimiento, esta es la primera vez que se detecta a CLAs en una muestra asintomática mediante PCR-punto final, lo que permite inferir la utilización de los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 y F-C6XFB8/R-C6XFB8 para la detección eficiente y confiable de CLAs en un muestreo masivo de árboles de cítricos.

³⁶³ Campo Experimental Ixtacuaco. INIFAP. *rodriguez.cynthia@inifap.gob.mx

³⁶⁴ Campo Experimental General Terán. INIFAP

³⁶⁵ Campo Experimental Río Bravo. INIFAP

³⁶⁶ Investigador del INIFAP hasta mayo de 2018

³⁶⁷ IPN-Centro de Biotecnología Genómica.





Palabras clave: HLB, bacteria, limón persa

Introducción

Veracruz es el estado con mayor producción de cítricos con 2´482,447.01 t en una superficie de 215,205.87 ha, seguido de Tamaulipas con una superficie sembrada de 41,296.97 ha y una producción de 615,276.30 t (SIAP, 2014).

El 75% del total de la producción nacional se destina para su venta en el mercado interno, 15% para la industria y 10% para la exportación como fruta, jugo u otros productos procesados. La naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) ocupa el primer lugar (63%) de la producción, seguida por el limón mexicano (*C. limón* (L.) y lima persa (*C. latifolia* Tan.) (23%) y el resto está distribuido entre la toronja, la mandarina y la tangerina (Holguín *et al.*, 2012; SIAP-SAGARPA, 2012).

Esta citricultura se encuentra amenazada por la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB), la cual es causada por la α -protobacteria *Candidatus Liberibacter* spp., de tipo gram negativa restringida al floema de las plantas hospederas (Mora *et al.*, 2014), y que no ha sido cultivada *in vitro* (Bastianel *et al.*, 2005), además, prácticamente todas las especies de cítricos son sensibles a esta enfermedad. Se conocen tres especies de la bacteria que infectan a los cítricos, *Candidatus Liberibacter africanus* (CLaf), *Candidatus Liberibacter americanus* (CLam) y *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) (Bové, 2006). Esta última es la que está presente en México y es transmitida principalmente por el insecto vector *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Robles *et al.*, 2010; Mora, 2012). En México esta enfermedad se detectó por primera vez en el 2009 en árboles de limón mexicano en áreas urbanas de la península de Yucatán, posteriormente se reportó en árboles de la misma especie en los estados de Nayarit y Jalisco, en el 2010 se informó su presencia en la región productora de limón mexicano de Tecomán, Colima (Trujillo, 2010), desde entonces se ha ido diseminando en todos los estados productores de cítricos. Actualmente el estado de Veracruz es considerado “zona bajo control fitosanitario”, ya que se detectó la presencia de CLas en muestras y psílidos vectores (Trujillo, 2018).





El HLB es la enfermedad más devastadora para los cítricos a nivel mundial (Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006). Los árboles infectados en poco tiempo se vuelven improductivos y finalmente mueren. Se ha reportado que el HLB causó la muerte de más de 63 millones de árboles, principalmente en Asia, Sudáfrica y Brasil (Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006).

En los cítricos, los síntomas del HLB se presentan en las hojas como manchas amarillentas con aspecto de moteado, así como el retraso del crecimiento de plantas en desarrollo, la fruta desarrolla deformes, pequeña y con pobre coloración, además, de que puede caerse del árbol prematuramente (Bové, 2006; Sagaram *et al.*, 2009). Los síntomas de HLB en hojas pueden confundirse con deficiencias nutricionales o incluso con el daño de plagas y otras enfermedades. No obstante, se presentan características únicas que los distinguen (Bové, 2006; Gottwald *et al.*, 2007). Al principio los árboles infectados desarrollan uno o más brotes con hojas amarillas (Bové, 2006).

Los cítricos más susceptibles al HLB son la naranja dulce, la mandarina y los híbridos de mandarina (Halbert and Manjunath, 2004). Los daños más severos del HLB reportados en México de acuerdo a los síntomas fisiológicos e histológicos son en limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) y limón persa (*Citrus latifolia*) en comparación con los daños reportados para naranja dulce (*Citrus sinensis*) en otros países como Asia, África, Brasil, E.U. y Cuba (Halbert and Manjunath, 2004; Flores-Sánchez *et al.*, 2012).

No existe una cura para el HLB, su manejo se realiza mediante el control de la plaga y la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter spp.* Por mucho tiempo el diagnóstico del HLB se hizo mediante indexado biológico en plántulas de naranjo dulce, y a través de la observación al microscopio electrónico (Duran y Moreno, 2000; Timmer, 2002). Actualmente se utiliza la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) por su mayor sensibilidad y especificidad (Colleta-Filho *et al.*, 2005). La PCR se basa en el uso de iniciadores específicos que amplifican secuencias de los genes 16S ribosomales (Teixeira *et al.*, 2005). Sin embargo, en la práctica aún con esta técnica en ocasiones no es posible detectar a la bacteria en muestras asintomáticas o con síntomas iniciales. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue detectar a CLas en muestras de cítricos mediante PCR-punto final utilizando dos pares de iniciadores diseñados a partir de los genes *Omp* y *Clibasia_02425* que codifican para proteínas de membrana externa.





Materiales y métodos

Durante el periodo de enero a julio de 2018, se realizó la siguiente investigación en el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del Campo Experimental Ixtacuaco del INIFAP, localizado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz.

Material vegetal

Se muestrearon 40 árboles de cítricos en el estado de Veracruz, pero solo se utilizaron 18 muestras para la detección de CLas dos muestras eran de la variedad naranja blanca, las cuales fueron colectadas en el municipio de Cotaxtla, y presentaban los síntomas típicos de HLB (moteados difusos), 16 muestras eran de lima persa colectadas en el municipio de Misantla, de estas muestras se seleccionaron tres tipos: sin síntomas (SS), con síntomas iniciales (SI), y con síntomas típicos de la enfermedad (ST). Las muestras fueron envueltas en hojas de papel rotuladas y se almacenaron en hielera para su traslado al Laboratorio. Como control positivo en las pruebas de PCR se utilizó ADN de lima persa infectada con HLB, proveniente del municipio de Tecoman, Colima.

Extracción de ADN genómico de *Candidatus Liberibacter asiaticus*

Se realizó utilizando el método del CTAB optimizado por Rodríguez *et al.* (2010), que consistió en picar con navaja esteril finamente 10 nervaduras centrales con peciolos por muestra, colocando 200 mg del material vegetal en tubos Eppendorf de 2 mL. Posteriormente se adiciono 1.5 mL de solución de extracción 2-ME/CTAB (2% de 2-mercaptoethanol, 2% de bromuro decetiltrimetil-amonio, 100 mM Tris-HCl pH 8, 20 mM EDTA pH 8, 1.4 M NaCl, 1% p/v polivinylpyrrolidona) precalentada a 65°C. Las muestras se incubaron a 65°C por 120 minutos y se homogenizaron con vórtex cada 30 minutos. Posteriormente se transfirieron 800 µl de sobrenadante a un tubo Eppendorf estéril de 2 mL por muestra, adicionando 800 µl de cloroformo-alcohol isoamílico 24:1, homogenizando las muestras por inversión, se centrifugo a 13000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente, se recuperaron 500 µl de sobrenadante por muestra en un tubo nuevo estéril de 1.5 mL, adicionando 0.5 volumen de acetato de amonio (7.5 M) y 0.6 volumen de isopropanol, y se dejaron precipitar 24 h a -20°C, se centrifugó a 13,000 rpm durante 20 minutos a 4°C, se desechó el sobrenadante





evitando el desprendimiento de la pastilla y las muestras se lavaron dos veces con 1 mL de etanol frío al 70%, centrifugando a 13,000 rpm durante 10 minutos a 4°C, finalmente las muestras se hidrataron con 50 µl de agua ultrapura estéril y se almacenaron a -20°C hasta su uso.

Determinación de la integridad del ADN genómico

Para determinar la integración del ADN genómico extraído, se realizó electroforesis en gel de agarosa al 0.8 % en TBE 0.5 X, teñido con 0.5 µg/mL de una solución de bromuro de etidio, a 95 volts durante 60 minutos en cámara de electroforesis horizontal (Bio-Rad), y se visualizó en un fotodocumentador Bio Rad.

Iniciadores convencionales para la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR-punto final

Como testigo en la detección de CLas, se emplearon los iniciadores OI1 (5'-GCG CGT ATG CAA TAC GAG CGG CA-3') y OI2c (5'- GCC TCG CGA CTT CGC AAC CCA T- 3') diseñados sobre la secuencia del gen ribosomal 16S de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, que amplifican un fragmento de un tamaño aproximado de 1160 pares de bases (pb), (Jagoueix *et al.*, 1994). Las reacciones de PCR fueron realizadas en un volumen final de 12 uL, utilizando 1.25 U de GoTaq® Flexi ADN Polymerase (Promega), 1X Buffer, 0.2 mM dntp's, 3 mM MgCl₂, iniciadores 20 pM cada uno, y 200 ng ADN. Las condiciones utilizadas para la amplificación fueron 94°C a 3 mn, 35 ciclos de 94°C, 62°C, 72°C a 30 s, 30 s, 60 s y una extensión final de 72°C por 10 mn. La reacción se llevó a cabo en un termociclador Techne.

Iniciadores específicos para la detección de *Candidatis Liberibacter asiticus* mediante PCR-punto final

Se utilizaron los iniciadores F-B8Y674 (5'- GCG GAT AGA AAT TGA GGG G- 3') /R-B8Y674 (5'- CAG TAG AAA CAC GCC AGA A -3') y F-C6XFB8 (5' TGT GTA GTC GTT TTG GTG C 3') /R-C6XFB8 (5' CGA CAG CCA CTT GTT TTG A 3') diseñados por Rodríguez (2015) a partir de los genes *Omp* y *Clibasia_02425* que codifican para proteínas de membrana externa con capacidad antigénica de CLas utilizando la cepa psy62 (Duan *et al.*, 2009). Estos iniciadores amplifican fragmentos de un peso molecular aproximado de 1121 y 901 pb





respectivamente. La síntesis se realizó en el laboratorio de servicios del IBT UNAM, y las condiciones de reacción en las PCR's fueron: 25 pM para cada iniciador, 1X Buffer, 0.2 mM dNTP's, 3 mM MgCl₂, 1.25 U GoTaq® Flexi ADN Polymerase (Promega). La concentración del ADN utilizados en las PCR's fue de 200 ng de ADN en un volumen final por reacción de 12 µl. El programa de amplificación para los iniciadores C6XFB8 fue: 94°C por tres minutos, 35 ciclos a 94°C/30 s, 55°C/30 s y 72°C por 60 s, con una extensión final de 72°C por 10 minutos. Para los iniciadores B8Y674 se uso el programa: 94°C por tres minutos, 35 ciclos a 94°C/30 s, 62°C/30 s y 72°C por 60 s, con una extensión final de 72°C por 10 minutos. Las reacciones se realizaron en un termociclador Techne.

Electroforesis

Los productos de las PCR's fueron separados por electroforesis en geles de agarosa al 1.5% teñido con 0.5 µg/ml de una solución de bromuro de etidio, utilizando como solución de corrida TBE 0.5X (Tris, ácido bórico y EDTA) a 64 volts por cinco minutos y 95 volts por 40 minutos y analizados en un fotodocumentador Bio-Rad. Para establecer el peso molecular de los fragmentos amplificados, se utilizó el marcador de peso molecular TrackIt™ 100 bp ADN Ladder (Invitrogen).

Resultados y discusión

La integridad del ADN fue aceptable y se pudo amplificar fragmentos del DNA de CLas en muestras positivas al HLB. Se obtuvo la amplificación del control positivo con los tres pares de iniciadores usados OI1/OI2c, F-B8Y674/R-B8Y674 y F-C6XFB8/R-C6XFB8. Los iniciadores OI1/OI2c, detectaron a CLas, en seis muestras de las cuales cuatro presentaban síntomas típicos del HLB, y dos muestras positivas con síntomas iniciales (Figura 1, Cuadro 1). Con los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674, se detectó a CLas en ocho muestras, una no presentaba síntomas de HLB, tres muestras con síntomas iniciales y cuatro muestras con síntomas típicos. Estos iniciadores amplifican un fragmento del gen *Omp* que codifica para siete proteínas de membrana externa, y que de acuerdo a lo reportado por Rodríguez (2015), presentan una identidad del 97%, lo cual pudiera estar relacionado con su especificidad y



sensibilidad para detectar a CLas, ya que fueron más eficientes para detectar a la bacteria que los OI1/OI2c, además, pudieron detectar al patógeno en una muestra asintomática (Figura 2, Cuadro 1).

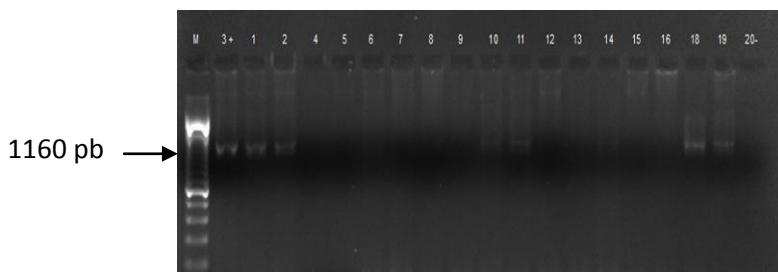


Figura 1. Fragmentos amplificados en las reacciones de PCR utilizando los iniciadores OI1/OI2c y el ADN de muestras de cítricos. Carril M: MPM TrackIt™ 100 bp ADN Ladder, Carril 3+: Control positivo (limón Persa infectado con HLB, Carril 1: Muestra de toronja blanca (árbol 1), Carril 2: Muestra de toronja blanca (árbol 2), Carril 4: Muestra de raíz de toronja blanca (árbol 1), Carril 5: Muestra de raíz de toronja blanca (árbol 2), Carril 6: Muestra de lima persa (árbol 13), Carril 7: Muestra de lima persa (árbol 355), Carril 8: Muestra de lima persa (árbol 356), Carril 9: Muestra de lima persa (árbol 358), Carril 10: Muestra de lima persa (árbol 14), Carril 11: Muestra de lima persa (árbol 16), Carril 12: Muestra de lima persa (árbol 71), Carril 13: Muestra de lima persa (árbol 113), Carril 14: Muestra de lima persa (árbol 255), Carril 15: Muestra de lima persa (árbol 502), Carril 16: Muestra de lima persa (árbol 509), Carril 18: Muestra de lima persa (árbol 508), Carril 19: Muestra de lima persa (árbol 9), Carril 20: Control negativo.

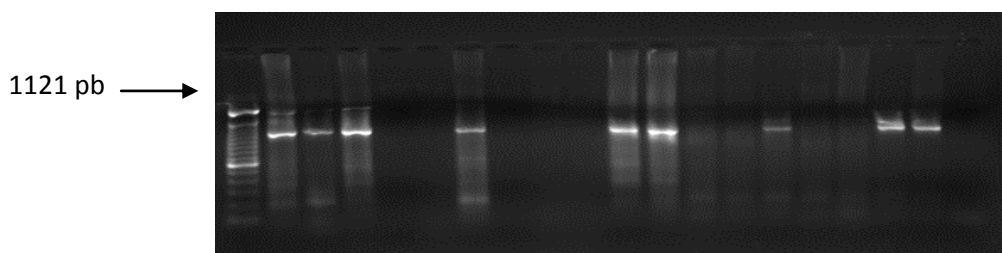


Figura 2. Fragmentos amplificados en las reacciones de PCR utilizando los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 y el ADN de muestras de cítricos. Carril M: MPM TrackIt™ 100 bp ADN Ladder, Carril 3+: Control positivo (limón persa infectado con HLB, Carril 1: Muestra de toronja blanca (árbol 1), Carril 2: Muestra de toronja blanca (árbol 2), Carril 4: Muestra de raíz de toronja blanca (árbol 1), Carril 5: Muestra de raíz de toronja blanca (árbol 2), Carril 6: Muestra de lima persa (árbol 13), Carril 7: Muestra de lima persa (árbol 355), Carril 8: Muestra de lima persa (árbol 356), Carril 9: Muestra de lima persa (árbol 358), Carril 10: Muestra de lima persa (árbol 14), Carril 11: Muestra de lima persa (árbol 16), Carril 12: Muestra de lima persa (árbol 71), Carril 13: Muestra de lima persa (árbol 113), Carril 14: Muestra de lima persa (árbol 255), Carril 15: Muestra de lima persa (árbol 502), Carril 16: Muestra de lima persa (árbol 509), Carril 18: Muestra de lima persa (árbol 508), Carril 19: Muestra de lima persa (árbol 9), Carril 20: Control negativo.

Con los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8, diseñados a partir de un fragmento del gen *Clibasia_02425* que codifica para la proteína de membrana externa C6XFB, localizado en la posición 684561-685178 en el mapa genético de CLas psy62 (Duan *et al.*, 2009), se detectó a la bacteria en tres muestras y al igual que con los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674, la muestra provenía de una planta sin síntoma de infección con HLB (Figura 3, Cuadro 1).

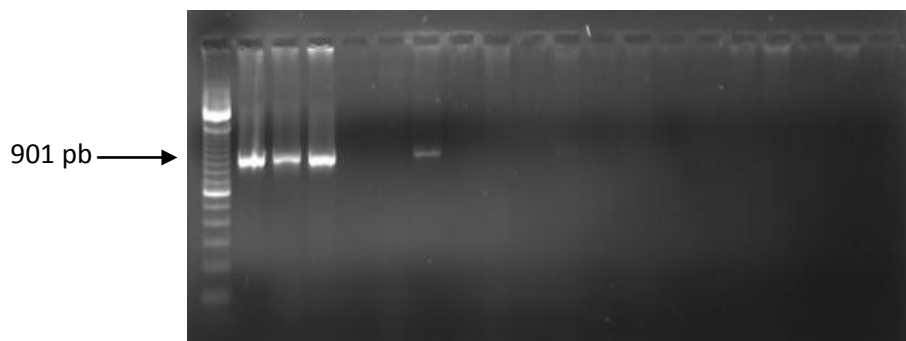


Figura 3. Fragmentos amplificados en las reacciones de PCR utilizando los iniciadores F-C6XFB8/R-C6XFB8 y el ADN de muestras de cítricos. Carril M: MPM TrackIt™ 100 bp ADN Ladder, Carril 3+: Control positivo (limón persa infectado con HLB, Carril 1: Muestra de toronja blanca (árbol 1), Carril 2: Muestra de toronja blanca (árbol 2), Carril 4: Muestra de raíz de toronja blanca (árbol 1), Carril 5: Muestra de raíz de toronja blanca (árbol 2), Carril 6: Muestra de lima persa (árbol 13), Carril 7: Muestra de lima persa (árbol 355), Carril 8: Muestra de lima persa (árbol 356), Carril 9: Muestra de lima persa (árbol 358), Carril 10: Muestra de lima persa (árbol 14), Carril 11: Muestra de lima persa (árbol 16), Carril 12: Muestra de lima persa (árbol 71), Carril 13: Muestra de lima persa (árbol 113), Carril 14: Muestra de lima persa (árbol 255), Carril 15: Muestra de lima persa (árbol 502), Carril 16: Muestra de lima persa (árbol 509), Carril 18: Muestra de lima persa (árbol 508), Carril 19: Muestra de lima persa (árbol 9), Carril 20: Control negativo.

Las muestras 4 y 5 no amplificaron con ninguno de los tres pares de iniciadores utilizados en la PCR-punto final, sin embargo, cuando estas muestras fueron analizadas por PCR-tiempo real resultaron positivas al HLB (datos no mostrados). Es importante señalar que el ADN de las muestras 4 y 5 fueron extraído de raíz de los mismos árboles a los cuales corresponden las muestras 1 y 2 respectivamente, que si dieron positivos al HLB con el PCR-punto final, lo cual, determina que el PCR-tiempo real es sensible en la detección de CLas.

El hecho de que no se haya detectado a CLas en un mayor número de muestras no significa que no este presente en la planta muestreada. Las detecciones son difíciles en muestras colectadas de árboles con baja concentración y distribución irregular del patógeno en el hospedero (Ahmad *et al.*, 2008). Por lo tanto, es necesario y de gran importancia la



búsqueda de otras alternativas para la detección temprana de la enfermedad como fue el caso de la PCR-punto final utilizando los iniciadores B8Y674, ya que permitió la detección de CLas en un mayor número de muestras en comparación con los iniciadores C6XFB8 y los OI1/OI2c, además, de que una muestra que resulto positiva al HLB provenía de un árbol que no presentaba síntomas de la enfermedad.

Cuadro1. Resultados de muestras de cítricos analizados por PCR-punto final, utilizando diferentes pares de iniciadores para la detección del CLas.

MUESTRAS EMPLEADAS	*SÍNTOMAS	OI1/OI2c	F-B8Y674/ R-B8Y674	F-C6XFB8/ R-C6XFB8
1. Toronja blanca (árbol 1)	ST	+	+	+
2. Toronja blanca (árbol 2)	ST	+	+	+
3. Limón mexicano (testigo +)	ST	+	+	+
4. Raíz toronja blanca (árbol 1)	-	-	-	-
5. Raíz toronja blanca (árbol 2)	-	-	-	-
6. lima persa (árbol 13)	SS	-	+	+
7. lima persa (árbol 355)	SS	-	-	-
8. lima persa (árbol 356)	SS	-	-	-
9. lima persa (árbol 358)	SS	-	-	-
10. lima persa (árbol 14)	SI	+	+	-
11. lima persa (árbol 16)	SI	+	+	-
12. lima persa (árbol 71)	SI	-	-	-
13. lima persa (árbol 113)	SI	-	-	-
14. lima persa (árbol 255)	SI	-	+	-
15. lima persa (árbol 502)	SI	-	-	-
16. lima persa (árbol 509)	SI	-	-	-
17. lima persa (árbol 508)	ST	+	+	-
18. lima persa (árbol 9)	ST	+	+	-
19. Testigo -	-	-	-	-

*ST: síntoma típico del HLB, SS: sin síntoma y SI: síntoma inicial.

Conclusiones

1. Los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 fueron los más eficientes para la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* mediante PCR-punto final a partir del ADN extraído de





muestras de cítricos con síntomas y sin síntomas de HLB. 2. Esta es la primera vez que se detecta a CLas en una muestra asintomática mediante PCR-punto final, lo que permite inferir la utilización de los iniciadores F-B8Y674/R-B8Y674 para la detección eficiente y confiable de CLas en un muestreo masivo de árboles de cítricos.

Agradecimientos

Recursos fiscales INIFAP.

Literatura citada

- Ahmad, K, Sijam K. y Hashim H. 2008. Submitted to the EMBL/GenBank/DDBJ databases
- Colleta-Filho, H., M. Takita, M. Targon y M. Machado. 2005. Analysis of 16S rDNA sequences from citrus huanglongbing bacteria reveal a different "Ca. Liberibacter" strain associated with citrus disease in São Paulo. *Plant Dis.* 89:848-852.
- Bastianel. C.M., Garnier S., Renaudin J, Bové J.M. y Eveillard S. 2005. Diversity of "Candidatus Liberibacter asiaticus," based on the *omp* Gene Sequence. *Applied and Environmental Microbiology* 71(11): 6473-6478. doi: 10.1128/AEM.71.11.6473-6478.2005
- Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease in citrus. *Journal of Plant Pathology* 88:7-37. doi: <http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v88i1.828>
- Duan, Y.P., Zhou L. J., Hall D. G., Li W. B., Doddapaneni H., Lin H., Liu L., Vahling C. M., Gabriel D.W., Williams K. P., Dickerman A., Sun Y. y Gottwald T. 2009. Complete genome sequence of citrus huanglongbing bacterium, 'Candidatus Liberibacter asiaticus' obtained through metagenomics. *Mol Plant Microbe Interact* 22: 1011–1120. <https://doi.org/10.1094/MPMI-22-8-1011>
- Duran, N. y P. Moreno. 2000. Huanglongbing (ex-Greening). *Enfermedades de los cítricos*. Editorial Mundi-Prensa. México. 52 p.





- Flores-Sánchez, J. L., Mora-Aguilera, G., Loeza-Kuk, E., Domínguez-Monge, S., Acevedo-Sánchez, G. y López-Arroyo, J. I. 2012. Yield loss modeling of *Candidatus Liberibacter asiaticus* on Persian lime (*Citrus latifolia*) in southern Mexico. *In*: Book of Abstracts of the XII International Citrus Congress. Valencia, Spain. S12P01 199 p.
- Gottwald, T. R., J. V. da Graça y R. B. Bassanezi. 2007. Citrus Huanglongbing: The pathogen and its impact. APSnet Feature Story. <http://www.apsnet.org/online/featur/huanglongbilg>
- Halbert, S. E. y Manjunath K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87(3):330-353.
- Holguín, P.R.J., Hernández, M.L.G y Rodríguez, Z.R. 2012. El Huanglongbing: la tristeza de los cítricos. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana* 15:3.
- Jagoueix S., Bové J.M. y Garnier M. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease is a member of the α -subdivision of the Proteobacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology* 44:379-386.
- Mora, A. G. 2012. Huanglongbing. Ficha técnica. Colegio de postgraduados. SENASICA. SAGARPA. 31 p.
- Mora, A.G., Robles G.P., López A.J.I., Flores S.J., Acevedo S.G., Domínguez M.S., Gutiérrez E.A., Loeza K.E. y González G.R. 2014. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 32(2):108-119.
- Sagaram, U. S.; Deangelis, K. M.; Trivedi, P.; Andersen, G. L.; Lu, S. E.; Wang, N. 2009. Bacterial Diversity Analysis of Huanglongbing Pathogen-Infected Citrus, Using PhyloChip Arrays and 16S rRNA Gene Clone Library Sequencing. *Applied and Environmental Microbiology* 75:1566-1574.
- SIAP-SAGARPA. 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. Cierre de la producción Agrícola por estado 2011. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. [consultado en 2014].





- Teixeira, D. C., Danet J.L., Eveillard S., Martins E.C., De Jesus Junior W.C, Yamamoto P.T. y Timmer L. W. 2002. Enfermedades Causadas por Procariotas. Plagas y enfermedades de los cítricos. 2ª ed. Mundi-Prensa. México. 49 p.
- Trujillo-Arriaga, J. 2010. Situación actual, regulación y manejo del HLB en México. 2º Taller internacional sobre el Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos. Merida, Yucatán. México.
- Trujillo-Arriaga, J. 2018. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Oficio B00.01.01.01.03.-00556.
- Rodríguez Quibrera C.G., Alanís Martínez E.I, Velázquez Monrreal J., Almeyda León I.H., 2010. Optimización de la Técnica de Extracción del DNA de plantas de cítricos para el diagnóstico del HLB. En Memoria electrónica del 1er Simposio Nacional sobre Investigación sobre el Manejo del Psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México, Monterrey, Nuevo León. Diciembre 2010.
- Rodríguez Quibrera C.G., 2015. Identificación de proteínas con función antigénica en *Candidatus liberibacter asiaticus* relacionadas con el huanglongbing y su posible interacción en limón Mexicano. Tesis de Maestría. CBG-IPN. p. 113
- Robles, G.M.M., Velázquez M.J.J., Manzanilla M.A., Orozco M., Flores R. y Medina U.V.M. 2010. Síntomas del Huanglongbing en limón Mexicano. En Memoria electrónica del 1er. Simposio Nacional sobre Investigación para el Manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, Nuevo León. p. 141-149.





ESTABILIDAD GENÉTICA EN MATERIAL CONSERVADO *In vitro* DE *Vanilla* spp.

José R. Bautista Aguilar^{368*} y Lourdes G. Iglesias Andreu³⁶⁸ y Marco A. Ramírez Mosqueda³⁶⁸

Resumen

México es el centro de origen y domesticación de *Vanilla planifolia*, sin embargo, esta especie se encuentra actualmente catalogada en riesgo, sujeta a protección especial (NOM-059-SEMARNAT-2010) una técnica eficiente para conservar plantas son las técnicas por mínimo crecimiento *in vitro* sin embargo las condiciones del medio pueden provocar en las plantas alteraciones genéticas, es por esto que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la estabilidad genética de material conservado *in vitro* por crecimiento mínimo de diferentes accesiones de *V. planifolia* y *V. insignis*, empleando ocho iniciadores SSR (mVpICIR002, mVpICIR010, mVpICIR015, mVpICIR016, mVpICIR019, mVpICIR025, mVpICIR031, mVpICIR047) y seis iniciadores ISSR (C03, A04, T05, T06, C07 y C09), se comprobó la estabilidad genética con los mismos marcadores en las tres accesiones de diferentes localidades de *V. planifolia* y una de *Vanilla insignis*, conservadas *in vitro* por mínimo crecimiento, se comprobó que con los marcadores ISSR en la accesión de la gran lucha y armadillo chico solo 2% de polimorfismo, en la accesión de Emiliano Zapata se constató solo 1% de polimorfismo, en *V. insignis* no se encontraron bandas polimórficas en cuanto a los marcadores SSR no se presentó polimorfismo en ninguna de las accesiones, el presente trabajo contribuye a mejorar en la mejora en los sistemas de conservación de este importante recurso genético.

Palabras clave: conservación *in vitro*, ISSRs, SSRs, *Vanilla planifolia*, estabilidad genética

³⁶⁸Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana (UV), Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte. Av. de las Culturas Veracruzanos No. 101, col. Emiliano Zapata, C.P. 91090, Jalapa, Ver., México. * liglesias@uv.mx





Introducción

Los métodos de propagación y conservación *in vitro* se han empleado eficientemente para conservar material vegetal en diferentes especies vegetales como: *Epidendrum chlorocorymbos* (López-Puc 2013); *Vitis vinífera* (Hassan *et al.*, 2014); *Tetrastigma hemsleyanum* (Peng *et al.*, 2015).

Sin embargo una desventaja de los métodos de propagación y/o conservación *in vitro* consiste en el riesgo de que se produzcan alteraciones en las características morfológicas, tasa de crecimiento, periodo de floración, productividad. La variación genética y epigenética se produce en cualquier etapa del desarrollo de las plántulas (Sharma *et al.*, 2014). Por tanto, es de suma relevancia evaluar la estabilidad genética del material conservado *in vitro*.

La variación genética o epigenética que se genera durante el cultivo *in vitro* de plantas, generalmente es espontánea y los cambios pueden ser o no heredables (Larkin y Scowcroft, 1981; Sánchez-Chiang y Jiménez, 2009).

Entre las técnicas que hoy en día se disponen para evaluar la estabilidad genética de las especies conservadas *in vitro* está el uso de marcadores genéticos (Aranguren-Méndez *et al.*, 2005). Los marcadores moleculares ISSRs y SSRs se han utilizado para evaluar la estabilidad genética en diversas especies vegetales como: *Musa acuminata* cv. (Borse *et al.*, 2011) *Gloriosa superba* L. (Yadav *et al.*, 2013) *Morus alba* L. (Saha *et al.*, 2015) *Dianthus spiculifolius* Schur (Cristea *et al.*, 2013) uva (Nookaraju y Agrawal, 2012).

En *V. planifolia* diversos autores han evaluado la estabilidad genética (Ramírez-Mosqueda *et al.*, 2015; Morales-Manuel, 2015), pero no se ha hecho el estudio de estabilidad genético en condiciones de lento crecimiento. Es por ello que el presente trabajo se propuso comprobar la estabilidad genética de 3 accesiones de diferentes localidades de *Vanilla planifolia* y una de *Vanilla insignis*, conservadas *in vitro* por mínimo crecimiento.

Materiales y métodos

Material vegetal

El material vegetal se tomó del banco de germoplasma del Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana. El material vegetal provino





del banco de germoplasma tomado de diferentes accesiones de: *V. planifolia* provenientes de las localidades de: Armadillo chico, Oaxaca (ARCH), La Gran Lucha, Oaxaca (LGL), Emiliano Zapata, Veracruz (EZ) y de *V. insignis*, Puebla (VI), bajo conservación, en el Instituto de Biotecnología y Ecología aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana.

Conservación por lento crecimiento

Los brotes de diferentes accesiones se sembraron en medio de cultivo Murashige y Skoog (1962) (MS) sin fitohormonas, solidificado con agar 7 g/L y ajustado a un pH de 5.8. El medio se distribuyó en tubos (25 x 200 mm) a razón de 10 mL de medio por tubo. Los cultivos se mantuvieron bajo un fotoperiodo de 16/8 h luz/obscuridad.

A fin de comprobar la estabilidad genética en condiciones de crecimiento lento, se empleó ABA (3mg L) al 100% con plántulas de 3 accesiones de *V. planifolia* (ARCH, EZ, LGL) y *Vanilla insignis*, durante un período de 120 días.

Extracción y análisis de la calidad del ADN

Para la extracción de ADN se utilizó el protocolo de método de Steward y Via (1993), basado en uso del CTAB. Se utilizará 30 mg de tejido vegetal. Se visualizó asimismo la calidad de ADN obtenido, mediante electroforesis en geles de agarosa al 1%. Se incluyó en los geles un marcador de peso molecular de 100 pb (Fermentas™) como referencia y en cada pocillo del gel se aplicaron 10µL de cada muestra de ADN (8 µL del ADN resuspendido y 2 µL del tampón de carga 6x). Finalmente los geles luego fueron teñidos con bromuro de etidio y fotografiados con ayuda de un fotodocumentador (Kodak™).

Análisis de la estabilidad genética por marcadores ISSRs

Se seleccionaron seis iniciadores ISSR que mostraron el mayor nivel de polimorfismo y mejor calidad de amplificación (Cuadro 1).

Las reacciones de amplificación de PCR se llevaron a cabo en un termociclador (marca BIORAD™) con el siguiente programa de amplificación: 7 min a 94°C; 34 ciclos de 30 seg a 94°C, 45 sa, 52°C (según el iniciador) y 90 sa 72°C; por último se llevó a cabo una extensión final de 72°C por 10 min. (Cuadro 2).





Análisis de la estabilidad genética por marcadores SSR

Se evaluaron los iniciadores microsatelites (SSR) que mostraron un mayor polimorfismo en los estudios realizados por Bory *et al.* (2008) en *Vanilla* spp. De ellos se seleccionaron al menos ocho que mostraron el mayor nivel de polimorfismo y mejor calidad de amplificación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de iniciadores SSRs evaluados.

Cebadores	Secuencia de nucleótidos (5'→3')	Tm(°C)	RF (pb)	Referencia
mVpICIR002	F: TGGATGTGCATTTGTG; R: CGCATTCACTTGT	60-53	222	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR010	F: GCACATAAATACCTTACACC; R: GTTCACGTCAGTGTGCT	60-53	346	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR015	F: AGTGTCTTTGTGTGCCT; R: TAGATAGTAAACCCATACTCAC	60-53	280	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR016	F: TATGTGTGAGAGGGTGC; R: CAATTAGTCACATCCATAAAC	60-53	320	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR019	F: AAGTGCCCAATCTATC; R: TGGATTCACCATGAC	60-53	222	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR025	F: GTGTAGCGGTTTCATACAA; R: CATTGATGGAAGTGGAG	63-55	231	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR031	F: ATTCCTCCCTCACTGTA; R: AATCTCAGGTGCTATTGG	60-53	346	Bory <i>et al.</i> (2008a)
mVpICIR047	F: CATGCTTACATCTTTGTGTT; R: TAATGGACATGCACACTC	63-55	301	Bory <i>et al.</i> (2008a)

Tm: Temperatura de fusión en °C. RF: Rango de tamaño de fragmento encontrado en pares de bases (pb).
F: Forward primer. R: Reverse primer.

Las amplificaciones de los fragmentos de ADN se realizaron en un Termociclador (GenAmp PCR System 9700, Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), bajo el siguiente programade amplificación: 4 min a 94°C para la desnaturalización inicial, 34 ciclos de 30 s a 94°C para la desnaturalización, 45s para el anillamiento con base a las temperaturas requeridas para cada par de iniciadores (Tabla 8), 1 min de extensión a 72oC y una extensión final a 72oC durante 5 min. (Cuadro 2).





Cuadro 2. Programa de amplificación empleado.

	Temperatura	Tiempo	Ciclos
Desnaturalización Inicial	94°C	7min	
Desnaturalización	94°C	30s	34 ciclos
Anillamiento	52°C	45s	
Extensión	72°C	1.30 min	
Extensión final	72°C	10 min	

Análisis de datos de los fragmentos amplificados

Los fragmentos amplificados con los iniciadores ISSRs y SSRs se registraron en una matriz binaria de datos asignando el número “1” para la presencia o un “0” para la ausencia de una banda. Para cada locus se registrará, el número y frecuencia de alelos de acuerdo con su tamaño total en pb. y se calculará el porcentaje de loci polimórfico.

Resultados y discusión

Análisis de la estabilidad genética por marcadores ISSR

Los resultados obtenidos de la evaluación de la estabilidad genética con marcadores ISSR reveló la existencia de solo 2% de polimorfismo sin embargo este valor fue bajo en relación con el más elevado polimorfismo (71.66%) detectado por Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu (2015) al examinar *V. planifolia* regeneradas por organogénesis indirecta. A diferencia de lo indicado por Verma *et al.* (2009) quienes obtuvieron un mayor polimorfismo al examinar 8 especies del género *Vanilla* con los iniciadores: C03, A04, T05, T06 y C09 en este estudio los mismos generaron bandas monomórficas. Esto puede deberse a que el material evaluado en este estudio provenía de la conservación *in vitro* de material clonal propagado *in vitro*.

Estabilidad genética de las plántulas con SSR

La ausencia de bandas polimórficas en los marcadores SSR revela que no hay variación genética por efecto de los tratamientos de crecimiento lento en ninguna de las accesiones (Figura 1). Borbolla-Pérez *et al.* (2016), utilizando los mismos marcadores detectaron al





emplear los iniciadores mVpICR031 y mVpICR002m la presencia de un bajo polimorfismo de (18.18%) al evaluar 2 áreas vainilleras contrastantes en cuanto a caída de frutos.



Figura 1. Patrón SSR obtenidos en muestras de ADN de *V. planifolia* y *V. insignis*, con el iniciador mvpICR031, mvpICR052, después de 120 días de conservación en crecimiento lento. Marcador de peso molecular conocido. Carril 1 control *V. insignis* 2-4 tratamientos, 5 control LGL 6-8 tratamientos, 9 control de EZ 10-12, 13 control ARCH 14-16 tratamientos 17 marcador, mvpICR031 Carril 18 control *V. insignis* 19-21 tratamientos, 22 control LGL 23-25 tratamientos, 26 control de EZ 27 -29 , 30 control ARCH 31y 32 tratamientos 33 marcador.

Conclusiones

1. La con conservación *in vitro* de las accesiones de *V. planifolia* y *V. insignis* mantiene la estabilidad genética, ya que todos los marcadores fueron monomorficos. Por lo tanto se puede concluir que la técnica de crecimiento mínimo empleado en el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) puede ser utilizada para conservar material mejorado genéticamente, accesiones silvestres y diferentes especies del género *vanilla*. Es recomendable hacer estudios para evaluar si existen cambios epigenéticos.





Literatura citada

- Aranguren-Méndez, J., R. Román-Bravo, W. Isea, y J. J. Villasmil. 2005. Los microsátélites (STR's), marcadores moleculares de ADN por excelencia para programas de conservación: una revisión (Microsatellites (STR's), ADN Molecular Markers for Excellency for conservation programs: A review).
- Borse, N., V. Chimote, y A. Jadhav. 2011. Stability of micropropagated *Musa acuminata* cv. Grand Naine over clonal generations: a molecular assessment. *Scientia Horticulturae* 129:390-395.
- Bory, S., P. Lubinsky, A. M. Risterucci, J. L. Noyer, M. Grisoni, M. F. Duval, y P. Besse. 2008. Patterns of introduction and diversification of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) in Reunion Island (Indian Ocean). *American Journal of Botany* 95:805-815.
- Butiuc-Keul, A., A. Farkas y V. Cristea. 2016. Genetic Stability Assessment of in Vitro Plants by Molecular Markers. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Biologia* 61 p.
- Cristea, V., M. Palada, L. Jarda y A. Butiuc-Keul. 2013. *Ex situ in vitro* conservation of *Dianthus spiculifolius*, endangered and endemic plant species. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Biologia* 58:57-69.
- Larkin, P.J. y Y. W. Scowcroft. 1981. Somaclonal variation - a novel source of variability from cell Cultures for plant improvement. *Theor. Appl. Genet.* 60:197-214.
- Martínez-Castillo, J., P. Colunga-GarcíaMarín y D. Zizumbo-Villarreal. 2008. Genetic erosion and in situ conservation of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) landraces in its Mesoamerican diversity center. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55:1065-1077.
- Nookaraju, A. y D. C. Agrawal. 2012. Genetic homogeneity of in vitro raised plants of grapevine cv. Crimson Seedless revealed by ISSR and microsatellite markers. *South African Journal of Botany* 78:302-306.
- Patiño T. C. 2010. Variación somaclonal y selección in vitro con toxinas como herramienta en la búsqueda de resistencia a enfermedades en plantas: Revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 1:7-15.
- Saha, S., S. Adhikari, T. Dey y P. Ghosh. 2016. RAPD and ISSR based evaluation of genetic stability of micropropagated plantlets of *Morus alba* L. variety S-1. *Meta gene* 7:7-15.





- Sánchez-Chiang, N. y V. M. Jiménez. 2009. Técnicas moleculares para la detección de variantes somaclonales. *Agronomía Mesoamericana* 20:135-151.
- Sharma, P., G. Garg, A. Kumar, F. Mohammad, S. R. Kumar, V. S. Tanwar, y S. Sengupta. 2014. Genome wide DNA methylation profiling for epigenetic alteration in coronary artery disease patients. *Gene* 541:31-40.
- Verma, P.C., D. Chakrabarty, S. N. Jena, D. K. Mishra, Singh, K. Pradhyumna, S. V. Sawant y R. Tuli. 2009. The extent of genetic diversity among Vanilla species: Comparative results for RAPD and ISSR. *Industrial Crops and Products* 29:581-589.
- Yadav, K., A. Aggarwal y N. Singh. 2013. Evaluation of genetic fidelity among micropropagated plants of *Gloriosa superba* L. using DNA-based markers a potential medicinal plant. *Fitoterapia* 89:265-270.
- Zietkiewicz, E., A. Rafalski, y D. Labuda. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeats (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics* 20:176-183.





EFFECTO MORFOLÓGICO DEL ÁCIDO SALICÍLICO (SA) EN EL CULTIVO *In vitro* DE *Vanilla planifolia* Jacks.

Luis C. Ortega Macareno³⁶⁹, Lourdes Iglesias Andreu^{369*}, Marco Ramírez Mosqueda³⁶⁹

Resumen

El cultivo de la vainilla es considerado de gran importancia, debido a la extracción de la vainilla, un saborizante altamente valorado en la industria alimenticia y de cosméticos, obtenido a partir de vainas. La alta susceptibilidad de las plántulas a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Vanillae* ha generado grandes pérdidas en el territorio mexicano debido a las técnicas de propagación en las zonas de cultivo. Por lo que el uso *in vitro* de fitohormonas como el ácido salicílico puede mejorar características morfológicas y fisiológicas y con ellos propiciar resistencia y/o tolerancia a este tipo de patógenos. Con la finalidad de evaluar el efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de *in vitro* de *Vanilla planifolia* Jacks. se establecieron cuatro concentraciones diferentes de esta fitohormona (0, 0,25, 0,5 y 1 mM), adicionada al medio de cultivo evaluando cada 15 días durante 1 mes, variables morfológicas (número, longitud y grosor de brotes, número de hojas, número y longitud de raíces, porcentaje de supervivencia) en segmentos nodales de *V. planifolia* de 1 cm de longitud. Se observaron procesos morfogenéticos mejorado asociados al tratamiento 2 (0,5 mM SA) en brotes grandes y más numerosos, así como también mayor número de hojas, mientras que la formación y crecimiento de raíces se dio con 1 mM de SA y una supervivencia del 100% de los explantes en todos los tratamientos. En general nuestros resultados confirman el efecto positivo del ácido salicílico (SA) como inductor de procesos morfogenéticos y fisiológicos para esta especie, lo que puede favorecer a la resistencia contra patógenos y mejora de la calidad.

Palabras claves: fitohormona, vainilla, cultivo *in vitro*, ácido salicílico

³⁶⁹Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Av. de las Culturas Veracruzanos No. 101, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, col. Emiliano Zapata, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México. * liglesias@uv.mx





Introducción

La vainilla cultivada (*Vanilla planifolia*) representa el 95% de la vainilla comercializada en todo el mundo (Kalimuthu *et al.*, 2006). Su importancia económica se asocia directamente a la extracción de vainillina, un saborizante altamente valorado en las industrias de alimentos y cosméticos, que se realiza a partir de vainas producidas por la planta (Soto-Arenas, 2003; Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu, 2015).

México enfrenta un panorama difícil, debido a los problemas relacionados con las plantaciones en las zonas vainilleras del país, derivados de la caída prematura de fruta (Castro-Bobadilla *et al.*, 2011) y la susceptibilidad al ataque de hongos como *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* (Ramírez-Mosqueda *et al.*, 2015; Adame-García *et al.*, 2014). Además, su propagación está limitada por la baja viabilidad de las semillas y la baja tasa de germinación (Soto-Arenas 2003; Torres-González *et al.*, 2011). Por esta razón, la vainilla es afectada por factores abióticos como la sequía y bióticos como la incidencia de patógenos fúngicos, microbianos y virales.

Este tipo de respuestas se han estudiado mayoritariamente utilizando el ácido salicílico, una hormona vegetal que se caracteriza por intervenir en distintos procesos asociados a la inmunidad vegetal, pero que también produce efectos secundarios en el crecimiento y desarrollo de la planta (morfológica y fisiológicamente). Ésta fitohormona se caracteriza por participar en muchas funciones metabólicas en las plantas, que van desde la síntesis de lignina, actividad alelopática, hasta en algunos casos participar en la biosíntesis de compuestos relacionados a la defensa como las fitoalexinas (Sánchez *et al.*, 2010).

Algunos estudios realizados en tomate (*Solanum lycopersicum*) (Ojha *et al.*, 2012; Mandal *et al.*, 2014), en papa (*Solanum tuberosum*) (Czajkowski *et al.*, 2009); frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Xue *et al.*, 2014), arveja (*Pisum sativum*) (Delgado, 2014) y fresas (*Fragaria ananassa*) (Akbar *et al.*, 2018) han demostrado la utilidad de ésta fitohormona en la mejora de procesos morfogénicos asociados a una mejora directa en la tolerancia y/o resistencia a la incidencia de patógenos fúngicos.

En consecuencia, una alternativa de solución ante la problemática que se presenta en los cultivos de vainilla asociados a la enfermedad causada por *F. oxysporum* fue evaluar el efecto del ácido salicílico en el crecimiento *in vitro* de esta especie, con la perspectiva de





mejorar características morfológicas que puedan conferir resistencia ante la incidencia de este patógeno fúngico.

Materiales y métodos

Material vegetal y medios de cultivo

Este estudio utilizó plántulas de *V. planifolia* establecidas bajo condiciones de cultivo *in vitro*. Para ello segmentos nodales (1-2 cm de longitud) fueron transferidos a Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT[®]) siguiendo la metodología propuesta por Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu (2016). Se utilizó medio MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado por 2.1 mg L⁻¹ de 6-Bencilaminopurina (BAP) como regulador del crecimiento vegetal (RCV) y 30 g L⁻¹ de sacarosa. Se colocaron diez segmentos nodales por biorreactor (frascos gemelos con una capacidad de 940 mL), la frecuencia de inmersión fue de dos minutos cada ocho horas. Los cultivos se mantuvieron bajo una temperatura de 26 ± 2°C, una intensidad lumínica de 50 μmol m⁻² s⁻¹ y un fotoperiodo 16/8 h (16 de luz y ocho de oscuridad) utilizando lámparas de luz blanca. Después de dos subcultivos de 30 d cada uno, los explantes cultivados se usaron para diferentes tratamientos.

Efecto morfológico y fisiológico de vitroplántulas y plántulas de invernadero de *V. planifolia* al ácido salicílico y methyl-jasmonato

Brotes con una longitud de 2-3 cm fueron transferidos a medio MS sin RCVs, adicionado con 0, 0.25, 5 y 7.5 μM de AS. Se colocaron 20 brotes por concentración de AS. Los cultivos se mantuvieron bajo las condiciones anteriormente descritas. Después de cuatro semanas de cultivo se evaluaron variables morfológicas como: porcentaje de supervivencia, número de brotes por explante, longitud de los brotes, grosos de los brotes y número de hojas para determinar el efecto del SA en procesos morfogénicos de las vitroplantulas.

Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se realizó un diseño experimental completamente al azar en la etapa de inducción de resistencia utilizando fitohormonas en vitroplantas de *V.*





planifolia, a los datos obtenidos se les realizará las correspondientes pruebas de normalidad de datos, aquellos que no cumplan con los supuestos de normalidad serán transformados utilizando Log10. Posteriormente se realizará un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para evaluar las diferencias existentes entre cada tratamiento tanto *in vitro* en función de las variables mencionadas anteriormente para cada experimentación, y se realizó una comparación de medias por el método Tukey ($P \leq 0.05$) al detectar diferencias con el programa SPSS v. 11.5 para Windows

Resultados y discusión

Efecto morfológico y fisiológico de vitroplántulas y plántulas de invernadero de *V. planifolia* al ácido salicílico y methyl-jasmonato

A partir de las cuatro semanas de siembra de los explantes en medio MS suplementado con las diferentes concentraciones de ácido salicílico, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efecto de diferentes concentraciones de ácido salicílico en el cultivo *in vitro* de *Vanilla planifolia*. a las cuatro semanas de cultivo.

Concentración mg L ⁻¹	Número de brotes	Longitud de brotes (cm)	Diámetro del brote (cm)	Número de hojas	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)
0 mM	1.25 ± 0.25 ^c	1.99 ± 0.25 ^c	1.21 ± 0.04 ^b	2.00 ± 0.28 ^b	1.75 ± 0.25 ^c	1.66 ± 0.14 ^a
0,25 mM	2.50 ± 0.28 ^b	3.18 ± 0.11 ^b	1.39 ± 0.05 ^b	3.66 ± 0.61 ^a	2.25 ± 0.25 ^b	1.44 ± 0.27 ^a
0,5 mM	3.75 ± 0.25 ^a	3.79 ± 0.16 ^{ab}	1.88 ± 0.02 ^a	4.50 ± 0.50 ^a	3.00 ± 0.00 ^{ab}	1.46 ± 0.11 ^a
1 mM	2.66 ± 0.33 ^{ab}	3.78 ± 0.14 ^a	1.78 ± 0.10 ^a	4.00 ± 0.44 ^a	3.50 ± 0.28 ^a	1.70 ± 0.07 ^a

Los valores representan la media ± ES (error estándar). Medias con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Los explantes sometidos a diferentes concentraciones de SA adicionado al medio de cultivo, mostraron respuestas de crecimiento y formación estructuras vegetativas tales como raíces, hojas y brotes. Al comprar los resultados entre tratamientos, se encontró que el tratamiento T2 (0,5 mM) de SA generó un mayor número de brotes, más largos y más gruesos, así como también un mayor número de hojas. Por su parte el tratamiento 3 (1mM de SA) generó mayor número de raíces y de mayor longitud.





Estos resultados concuerdan con los reportados por Larqué-Saavedra (2010) en tomate (*Solanum lycopersicum*) donde obtuvo plántulas con mayor y mejor de la parte aérea con rangos de concentraciones que varía desde formación de hojas y; así también estos resultados permiten confirmar que este regulador del crecimiento tiene impacto positivo en procesos morfogénéticos al incrementar el tamaño del sistema radical de las plantas tal y como lo señalaron Tucuch-Hass *et al.* (2015) en trigo, estudio en el que obtuvo una raíces, y brotes más grandes y vigorosos con adición de SA a una concentración de que varía desde 0,5 a 1mM. Se encontró además que el AS tiene un efecto positivo en el desarrollo del crecimiento de estas mismas plantas, datos que coinciden con lo publicado por Yildirim y Dursun (2009) en tomate. Estos autores utilizaron concentraciones de 0.50mM de AS reportaron también que se favorece el incremento del área foliar y también el diámetro del tallo, lo que puede traducirse en mejoras de las características vegetativas de las plantas.

Conclusiones

1. Las vitroplántulas de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) sembradas en medio MS con adición AS a concentraciones desde 0,5mM o 0,1mM aumentan significativamente el crecimiento y desarrollo de su raíces, brotes y hojas de vitroplántulas de *Vanilla planifolia* Jacks. por lo que la respuesta positiva al tratamiento por AS al mes de cultivo de los explantes en el medio con SA.

Agradecimientos

Agradecimientos al Instituto de Biotecnología y Ecología aplicada, a la Universidad Veracruzana y a CONACyT pro el apoyo brindado en la realización del presente trabajo de investigación.





Literatura Citada

- Adame-García, J., R. Rodríguez-Guerra, L. G. Iglesias-Andreu, J. M. Ramos-Prado y Luna-Rodríguez, M. 2015. Molecular identification and pathogenic variation of *Fusarium* species isolated from *Vanilla planifolia* in Papantla Mexico. *Botanical Sciences* 93(3):669-678.
- Akbar Mozafari, A., F. Havas y N. Ghaderi. 2018. Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) to cope with drought stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 132(3):511-523.
- Castro-Bobadilla, G., A. J. Martínez, M. L. Martínez y J. G. García-Franco. 2011. Aplicación de riego localizado para aumentar la retención de frutos de *Vanilla planifolia* en el Totonacapan, Veracruz, México. *Agrociencia* 45(3):281-291.
- Czajkowski, R., J. M. van der Wolf, A. Krolicka, Z. Ozymko, M. Narajczyk, N. Kaczynska y E. Lojkowska. 2015. Salicylic acid can reduce infection symptoms caused by *Dickeya solani* in tissue culture grown potato (*Solanum tuberosum* L.) plants. *European Journal of Plant Pathology* 141(3):545-558.
- Delgado, C. G. 2014. Efecto del ácido acetilsalicílico para activación de defensas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), en el sector de Chapués, cantón Tulcán, Carchi-Ecuador” (Bachelor's thesis).
- Kalimuthu, K., R. Senthilumar y N. Murugalatha. 2006. Regeneration and mass multiplication of *Vanilla planifolia* Andr—a tropical orchid. *Current Science* 91:1401-1403.
- Larqué-Saavedra, A., R. Martín-Mex, A. Nexticapán-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo. Serie horticultura* 16(3):183-187.
- Mandal, S., N. Mallick y A. Mitra. 2009. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici in tomato. *Plant Physiology and Biochemistry* 47(7):642-649.
- Ojha, S., y N. Chatterjee. 2012. Induction of resistance in tomato plants against *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici mediated through salicylic acid and *Trichoderma harzianum*. *Journal of Plant Protection Research* 52(2):220-225.





- Ramírez-Mosqueda, M. A., L. G. Iglesias-Andreu, M. Luna-Rodríguez y A. A. Castro-Luna. 2015. In vitro phytotoxicity of culture filtrates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* in *Vanilla planifolia* Jacks. *Scientia Horticulturae* 197:573-578.
- Ramírez-Mosqueda, M. A. y L. G. Iglesias-Andreu. 2016. Evaluation of different temporary immersion systems (BIT®, BIG, and RITA®) in the micropropagation of *Vanilla planifolia* Jacks. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 52(2):154-160.
- Sánchez, G. R., E. C. Mercado, H. R. de la Cruz y E. G. Pineda. 2013. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* 12(2):90-95.
- Soto-Arenas, M. (2003). *Vanilla* (tratamiento genérico). pp. 321-334 en Pridgeon, A.M., P.J. Cribb, M.W. Chase y F.N. Rasmussen. *Genera Orchidacearum*, vol. 3. *Orchidoideae* (Part two) *Vanilloideae*. Oxford University Press.
- Torres-González, M. J., Aguirre-Medina, J. F., & Iracheta-Donjuan, L. (2011). Germinación de semillas y obtención de plántulas de *Vanilla planifolia* Andrews en condiciones *in vitro*. *Agroproductividad* 4:3-8.
- Tucuch Haas, C. J., Alcántar González, G., & Larqué Saavedra, A. (2015). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. *Terra Latinoamericana* 33(1):63-68.
- Xue, R. F., Wu, J., Wang, L. F., Blair, M. W., Wang, X. M., De Ge, W., Wang, S. M. (2014). Salicylic acid enhances resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Plant Growth Regulation* 33(2):470-476.
- Yıldırım, E., & Dursun, A. (2008). Effect of foliar salicylic acid applications on plant growth and yield of tomato under greenhouse conditions. *In: International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate* 807 p. 395-400.





DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES: PRE-TRATAMIENTO ÁCIDO COMO OPCIÓN DE MEJORA

Carlos Alberto Vargas Licona³⁷⁰, Magdalena Jiménez Hernández³⁷⁰, Oscar Andrés del Ángel
Coronel³⁷⁰ y Noemi Nava Valente^{370*}

Resumen

El presente estudio, tiene como objetivo evaluar el efecto del pre-tratamiento ácido con dosis de ácido acético de 2%, 3% y 4% v/v a 25°C durante un tiempo de exposición de 30, 60 y 90 min en el proceso de digestión anaerobia de una mezcla de residuos agroindustriales (pollinaza, lodo residual y RAC). Se determinó el porcentaje de tasa de hidrólisis de materia orgánica. Los resultados indicaron que, la mezcla de residuos agroindustriales muestra que es rica en compuestos orgánicos como carbohidratos (6.3 g/L), lípidos (4.69 g/L) y especialmente proteínas (30.20%). Al someter la mezcla de residuos agroindustriales al pre-tratamiento ácido se obtuvieron tasas de hidrólisis entre 6.6%-12.9% y se concluyó que si se desea maximizar el porcentaje de tasa de hidrólisis es conveniente aplicar una dosis de 4% v/v de ácido acético durante 90 min de tiempo de exposición para ambas mezclas. El tratamiento que genera mayor rendimiento de metano fue con dosis de 4% y 90 min (de 0.45 a 0.89 L CH₄/g SV rem para la mezcla A y de 0.49 a 0.92 L CH₄/g SV rem para la mezcla B), se concluye que el pre-tratamiento ácido redujo el TRH de 25 d a 13 d.

Palabras clave: biogás, lodo residual, pollinaza, tasa de hidrolisis, residuo agrícola cañero

Introducción

La pollinaza, es una mezcla del material que se utiliza como cama para los pollos (aserrín de madera, cascarilla de arroz o de soya, olote de maíz molido, etc.) y las heces fecales de las aves, su composición química varía por diversos factores (Sacramento-Rivero *et al.*, 2010).

³⁷⁰ Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico Superior de Huatusco,
noemi_nava@itshuatusco.edu.mx





Entre los principales residuos originados en la industria azucarera está el Residuo Agrícola Cañero (RAC), que es el remanente de los tallos de la caña, hojas, punta o flor y cogollo después de ser cosechada la caña para su posterior transporte al ingenio (Aguilar, 2010).

Por otra parte, un sector que sin duda aporta en cantidades importantes en la producción de lodos residuales, es el sector industrial avícola, los lodos residuales provenientes de esta industria contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno y fósforo. Su composición y flujo generalmente varía dependiendo del proceso industrial, tamaño de las instalaciones, número de aves sacrificadas, eficiencia de recolección de sangre y subproductos, consumo de agua por pollo procesado y manejo del agua en el proceso industrial (Caldera *et al.*, 2010).

La biomasa es una fuente de energía prometedora, la cual incluye desechos orgánicos, desechos animales, desechos de plantas de tratamiento de aguas, residuos industriales y agrícolas, así como cultivos energéticos los cuales pueden ser usados como para la producción de biocombustibles (Antonopoulou *et al.*, 2008). La digestión anaerobia es un proceso biotecnológico que convierte la materia orgánica en energía en forma de biogás, mediante consorcios microbianos (hidrolíticos, acidogénicos y metanogénicos) que implican una serie de reacciones bioquímicas (Abelleira *et al.*, 2012).

La hidrólisis macromolecular es considerada la etapa limitante en el proceso de digestión anaerobia ya que comprende la transformación de compuestos orgánicos insolubles de cadena larga (proteínas, carbohidratos y lípidos) en compuestos de bajo peso molecular (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes) (Angelidaki *et al.*, 1999); es por ello que la presencia de macromoléculas asociadas con la actividad de las células microbianas no permite una rápida y completa estabilización de los sustratos (Vergine *et al.*, 2014).

La presente investigación brinda una alternativa de solución a la generación de residuos agroindustriales generados en los procesos de producción que integran empresas agroindustriales del sector avícola y el sector azucarero. Sin embargo, la complejidad de estos residuos impone el estudio de métodos alternativos que contribuyan a mejorar la eficiencia del proceso, reconociéndose que el paso limitante es la etapa de hidrólisis del material orgánico complejo.

Un pre-tratamiento eficiente para la biomasa lignocelulósica debería hacer la holocelulosa más accesible al ataque enzimático o bacteriano con el fin de aumentar la biodegradabilidad





global de los materiales lignocelulósicos. Debería romper el vínculo entre polisacáridos y lignina para hacer que la celulosa y las hemicelulosa sean más accesibles para las bacterias (Monlau, 2012; Pavlostathis, 1895).

Varios estudios que utilizan pretratamiento ácido se han llevado a cabo con el objetivo de mejorar la digestión anaeróbica de tales materiales lignocelulósico como residuos de yuca (Zhang, 2011), maíz de planta entera (Pakarinen *et al.*, 2011), residuos de invernaderos. De igual manera se ha experimentado con un pretratamiento con HCl 1M a 25 °C en bagazo y fibras de coco; durante 30 días mejoró la producción de biogás a partir de estos materiales en un 31% y un 74%, respectivamente (Kivaisi *et al.*, 1994). El presente estudio, tiene como objetivo evaluar el efecto del pre-tratamiento ácido con dosis de ácido acético de 2%, 3% y 4% v/v a 25°C durante un tiempos de exposición de 30, 60 y 90 min en el proceso de digestión anaerobia de una mezcla de residuos agroindustriales (pollinaza, lodo residual y RAC).

Materiales y métodos

Obtención y caracterización de la muestra

La pollinaza utilizada fue obtenida de la estación de confinamiento ubicado en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz se denomina “pollinaza agrícola de primera”, debido a que tiene menor porcentaje de humedad, facilitando la molienda y tamizado de la misma.

Las muestras de lodo crudo físico-químico fueron obtenidas periódicamente de una planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro de aves ubicado en la ciudad de Fortín de las Flores, Veracruz. Durante el procesamiento de las aves el agua se utiliza principalmente para el escaldado en la eliminación de plumas, incluso las aves se son lavadas antes y después del proceso de evisceración, también grandes volúmenes de agua son empleados en la limpieza de equipos mecánicos como compresores. Para el tratamiento de las aguas residuales se emplea un Tratamiento Primario Avanzado (TPA) de coagulación y floculación. El RAC, es la planta de la caña de azúcar en su estado natural y que se compone de collo y hojas verdes (8%), vaina y hojas secas (20%), y tallos limpios (72%), por cada 100 toneladas de azúcares totales que llegan al campo, quedan dispersas en el campo 134 toneladas de





residuos agrícolas los cuales afectan a la productividad de los cañaverales (Basanta, 2007). El residuo agrícola cañero (RAC) se obtuvo de seis zonas del municipio de Lerdo de tejada, Veracruz, México. Fue muestra cruda, el cual se sometió a un proceso de reducción de tamaño para su fácil manipulación.

Obtención de la mezcla de pollinaza, lodo residual y RAC

Una vez acondicionados y caracterizados los residuos agro industriales en ST y SV se procedió a elaborar las mezclas de dichos residuos siendo las proporciones de 60% lodo residual, 20% Pollinaza y 20% RAC. Obtenidos los volúmenes equivalentes al porcentaje de cada residuo se procedió a mezclarlos en un equipo de mezclado mecánico a 115 rpm para asegurar su correcta incorporación y así obtener una mezcla homogénea.

Condiciones de pre-tratamiento ácido

Para el estudio de hidrólisis ácida se evaluaron los factores de concentración de ácido y tiempo de exposición; en este trabajo se utilizó ácido acético ($C_2H_4O_2$). Se platearon las concentraciones de 2, 3 y 4 % v/v de ácido acético, durante tiempos de exposición de 30, 60 y 90 minutos.

Los tratamientos ácidos se llevaron a cabo en recipientes de 250 mL, con un volumen útil de 200 mL Se utilizó una incubadora ZHICGENG Incubator Shaker, modelo ZHWY-100B para establecer una agitación continua de 150 rpm y a temperatura de 25°C Una vez transcurrido el tiempo de exposición, las muestras se neutralizaron con NaOH al 4% hasta un pH de 7.0 para detener el efecto del ácido acético.

Métodos analíticos

Los análisis de DQO, DQO soluble, sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), pH, alcalinidad, fueron realizados de acuerdo al standard methods (1998).

El nitrógeno total Kjeldhal fue determinado mediante digestión y oxidación para formar el ion amonio y finalmente se cuantifica la cantidad de este ion por titulación. Los carbohidratos fueron analizados de acuerdo al método de Antrona y los lípidos mediante extracción Soxhlet.





La composición de biogás se analizó mediante un cromatógrafo de gases Ultra-Trace Thermo Scientific equipado con una columna heliflex AT-Mol Sieve (longitud 30 m x 0,53 mm de diámetro), un heliflex AT-Q (longitud 30 m x 0,53 mm de diámetro) y un detector de conductividad térmica. En la primera columna se analizó O₂, N₂, CH₄ y CO₂ mientras que en la segunda columna CH₄, y CO₂, el gas empleado como acarreador fue helio.

Los análisis de la demanda química de oxígeno (DQO) se realizaron sobre las muestras sin tratar, mientras la DQO soluble se analizó en las muestras filtradas crudas y tratadas. El factor de solubilización representa la relación entre la DQO soluble después del pre-tratamiento y de DQO inicial soluble, las fracciones solubles se obtuvieron después de la centrifugación a 12 000 rpm durante 15 min y posterior filtración con una membrana de 0,2 µm. Los datos obtenidos de DQO se emplearon para la obtención de la tasa de hidrólisis de cada una de las mezclas hidrolizadas y fue calculado mediante la ecuación número 1:

$$T.H. = (\text{Concentración SCTA} - \text{Concentración SSTA}) / (\text{Concentración TSTA}) 100 \quad (1)$$

Donde:

TH= Tasa de hidrólisis (%)

Concentración SCTA= Concentración soluble con tratamiento ácido (mg/L)

Concentración SSTA= Concentración soluble sin tratamiento ácido (mg/ L)

Concentración TSTA= Concentración total sin tratamiento ácido (mg/L)

Pruebas de biodegradabilidad en operación batch

En esta etapa se evaluó el efecto de los pre-tratamientos ácidos en la digestión anaerobia mesofílica mediante un experimento en batch. Se emplearon reactores a escala laboratorio (matraces Erlenmeyer de 250 ml de volumen total y 200 ml de volumen útil) con dos salidas que se emplearon para el muestreo de biogás y para la alimentación y descarga. Se utilizó inóculo proveniente de un reactor CSTR en operación. Los reactores se mantuvieron a un mezclador orbital de 110 rpm y una temperatura de 35 ± 2 °C. La cantidad de biogás producido se registró diariamente utilizando el método de desplazamiento de agua. Cada prueba batch se interrumpió después de alcanzar el criterio de eliminación de 38% de SV para cumplimiento de los requisitos de reducción de atracción de vectores indicados por los EE.UU. EPA. 1994. Cada experimento se realizó por triplicado.





Resultados y discusión

Caracterización de los sustratos

Las características físico-químicas presentes en cada uno de los residuos orgánicos se presentan en el Cuadro 1. El lodo crudo se acondicionó previamente para su proceso de estabilización, para obtener una concentración de sólidos totales de 2.5-3.0%, ideales para el proceso de digestión anaerobia. Los lodos presentaron un valor de 84.55% de sólidos totales volátiles siendo por tanto ricos en materia orgánica. Esto se debe principalmente a su origen, ya que la industria de donde provienen se dedica a la matanza de aves conocido como rastro avícola, de igual manera se alcanzaron valores promedio de DQO de hasta 17.97 g DQO/L. El pH en el lodo crudo fue de 6.47 los cuales son considerados como adecuados en el proceso de digestión anaerobia (Malina y Pohland, 1992). Se observó que el lodo es rico en compuestos nitrogenados al obtener un alto contenido de nitrógeno total (3.15 %).

Cuadro 1. Caracterización de residuos agroindustriales.

Residuo / Parámetros	Lodo físico-químico	Pollinaza	RAC	Mezcla 60%-20%-20%
Sólidos totales (%)	2.95±0.5	3.81±0.6	2.80±0.4	2.66±0.3
Sólidos volátiles (%)	84.55±0.6	75.09±0.5	86.12±0.5	77.70±0.9
pH	6.47±0.3	6.56±0.5	5.96±0.5	6.3±0.6
Carbohidratos (g/L)	2.40± 0.5	3.58±0.3	4.75±0.6	5±0.3
DQO total (g/L)	17.9±1.1	31.64±2	39.23±2	29.16±1.5
DQO soluble (g/L)	9.57±0.98	18.61±3	6.93±2.6	5.99±0.8
Lípidos (g/L)	4.46±1.2	3.06±0.9	0.99±0.6	4.69±1
N-Total (%)	3.85±0.4	4.03±0.7	1.22±0.5	4.83±1.4
Proteínas (%)	19.69±2.3	25.16±3	7.61±2	30.20±2.4

Por otro lado, la composición química de la pollinaza es muy variable, y su mayor valor reside como fuente de proteínas y minerales (Rude y Rankins, 1993). El tipo de nutrimentos varía de acuerdo al tipo de materiales utilizados como cama, grosor piso, comedero utilizado, la temperatura, el número de camadas, la relación volumen de cama y métodos de limpieza, el envejecimiento de la pollinaza, la humedad, etc. (Egaña *et al.*, 1989; Jacob *et al.*, 1997). Se obtuvieron valores de sólidos totales del 3.81% y 75.09% de sólidos volátiles. Se observó que el pH de la pollinaza fue ligeramente ácido (6.56).





Por otra parte, sobresalen valores promedios de 31.64 g DQOT/ L, indicando una elevada cantidad de carga orgánica contenida en la pollinaza. En la caracterización química también se cuantificó la presencia de los tres componentes principales de la materia orgánica, presencia de carbohidratos con un valor promedio de 3.58 g/L seguido de las proteínas con un promedio de 25.16% el nitrógeno con un valor de 4.03%, clasificándose como residuo rico en nitrógeno y por último los lípidos con un promedio de 3.06 g/L.

La composición del RAC en cuanto a carbohidratos, lípidos y proteínas se refiere fue de 4.75 g/L, 0.99 g/L y 7.61% respectivamente lo cual podrían ser favorables para el proceso de digestión anaerobia ya que la composición orgánica de los residuos agro-industriales es un factor importante para determinar el rendimiento de biogás en el proceso.

La mezcla de residuos agroindustriales presenta un pH ligeramente ácido (6.3) el contenido de material orgánico se ve reflejado en el % de SV (77.7%), de la misma manera, al preparar la mezcla se procuró no exceder el 3% de ST para evitar problemas de mezclado al someter la mezcla a digestión anaerobia. La alta concentración de proteínas se debe a los residuos de los alimentos de aves de corral.

Pre-tratamiento Ácido (PTA)

La Figura 1 muestra los valores promedio de porcentaje de tasa de hidrólisis obtenidos durante el pre-tratamiento con ácido acético, con base en el análisis gráfico es posible apreciar que la dosis de ácido acético aplicada y el tiempo de exposición, afecta directamente el porcentaje de tasa de hidrólisis de la mezcla obteniéndose la mayor tasa de hidrólisis en el tratamiento 4% y 90 minutos con un valor promedio de $12.9\% \pm 0.12$ mientras que el valor mínimo de tasa de hidrólisis ($3.7\% \pm 0.82$) se obtuvo al exponer la mezcla de residuos agroindustriales a una dosis de 2% y un tiempo de exposición de 30 min.

El mayor efecto sobre el porcentaje de tasa de hidrólisis se obtuvo al exponer las tres distintas dosis de ácido acético a 90 min, por lo cual se decidió llevar al proceso de digestión anaerobia los pre-tratamientos con ácido acético al 2%, 3% y 4% v/v y 90 min de tiempo de exposición.

Assawamongkholsiri *et al.* (2013) realizaron un estudio a lodos activados provenientes de una planta de tratamiento de aguas de una industria cervecera los cuales fueron pre-tratados mediante HCl y calor (0.5% m/v, 110°C y 60 min) obteniendo una concentración de DQO



soluble de 1785.6 ± 27.1 mg/L. Por otro lado Zhao *et al.* (2014) sometieron forraje de maíz a un pre-tratamiento con ácido acético diluido (0.25%) a 191°C durante 7.74 minutos que fue la condición óptima para la producción de AGV's y así evitar la inhibición en la fermentación ácida de dicho residuo.

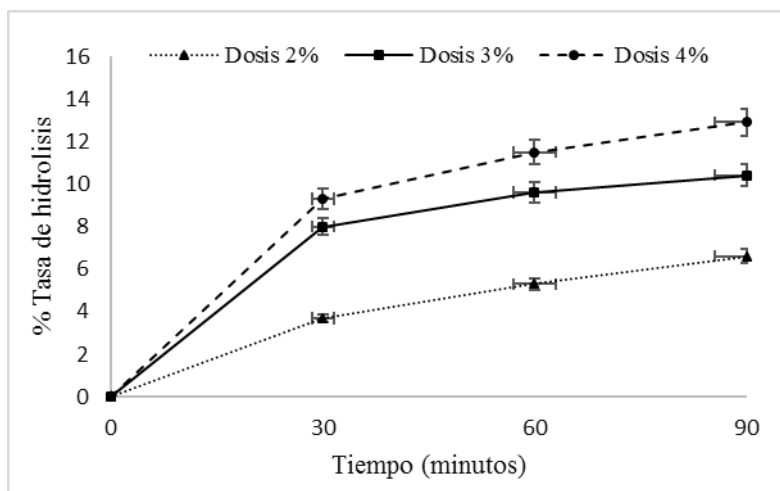


Figura 1. Porcentaje de tasa de hidrólisis pre-tratamiento ácido.

De acuerdo a los estudios citados, el pre-tratamiento ácido se aplica ampliamente debido a su bajo costo y alta eficiencia para hidrolizar la hemicelulosa en azúcares monoméricos sin disolver la lignina (Ferreira *et al.*, 2013). El pre-tratamiento ácido como tal, hidroliza la pared celular y la membrana celular. En consecuencia, se incrementa la solubilidad de la materia orgánica contenida dentro de las células (Appels *et al.*, 2008).

Por otro lado, los pre-tratamientos con ácidos orgánicos diluidos tienen algunas características deseables incluyendo la hidrólisis eficaz y menos productos de degradación (Kootstra *et al.*, 2009b).

Pruebas de biodegradabilidad en mezclas de residuos agroindustriales pre-tratadas (operación batch)

El Cuadro 2 muestra un resumen de los parámetros obtenidos durante la operación batch de la mezcla y mejorada con pre-tratamiento ácido.



Cuadro 2. Resumen de parámetros pruebas de biodegradabilidad PTA mezcla.

Tratamiento	% Tasa de hidrólisis	TRH (días)	Producción de biogás acumulada (L)	Y bio (L bio / gsv rem)	Y CH ₄ (L CH ₄ / gsv rem)
0	0	25	1.15	0.59	0.49
2% 90 min	6.6	20	1.71	0.67	0.55
3% 90 min	10.4	16	2.31	1.08	0.85
4% 90 min	12.9	13	2.81	1.13	0.92

Se observó que la mezcla B pre-tratada con ácido y dosis de 4% y 90 min alcanzó un TRH de 13 días, al pre-tratar la mezcla B con una dosis de 3% de ácido acético y 90 min de tiempo de exposición el TRH fue de 16 días, la dosis de 2% de ácido acético v/v arrojó resultados similares a los obtenidos por la mezcla sin ningún pre-tratamiento, ya que alcanzó un TRH de 20 días.

Se apreció que conforme se incrementó la dosis del tratamiento ácido, se incrementó la producción de biogás, hecho que puede ser atribuido a que el cambio de las concentraciones de materia orgánica soluble en el sistema de digestión refleja la utilización de sustratos y la producción de biogás. Los rendimientos de biogás obtenidos fueron 0.59, 0.67, 1.08 y 1.13 L bio/ SV_{rem} para la mezcla cruda, tratamientos 2% 90 min, 3% 90 min y 4% 90 min respectivamente. Mientras que el rendimiento de metano para la mezcla cruda fue de 0.49 L CH₄/ g SV_{rem} el cual fue menor al obtenido por los tratamientos 2% 90 min, 3% 90 min, 4% 90 min que presentaron un promedio de 0.55, 0.85 y 92 L CH₄/ g SV_{rem} respectivamente.

Sambusiti *et al.* (2013) reportó una mayor producción de metano de 341 L CH₄/ kg SV y el 85% de biodegradabilidad al trabajar con la fracción sólida de residuos sólidos (10 g NaOH /100 g ST, 100°C, 0.5 h). Costa en el 2014 encontró una alta biodegradabilidad anaerobia de la fracción sólida del bagazo de caña de azúcar proveniente de un pre-tratamiento alcalino (184°C, 47 min, NaOH 0.80 M, 3,2% (m/v) calculada), después de la eliminación de la lignina usando una solución de NaOH, en este caso se generaron 313.4 L CH₄/kg sustrato.

De acuerdo con los dos estudios antes mencionados se puede concluir que digerir anaeróticamente la fracción sólida de diferentes sustratos mejorados con pretratamientos químicos, se aumenta la biodegradabilidad de los sustratos ensayados, así como su aprovechamiento para la producción de metano.





Conclusiones

1. La caracterización de la mezcla de residuos agroindustriales muestra que es rica en compuestos orgánicos como carbohidratos (6.3 g/L), lípidos (4.69 g/L) y especialmente proteínas (30.20%). 2. Al someter las mezclas de residuos agroindustriales al pre-tratamiento ácido se obtuvieron tasas de hidrólisis entre 6.6%-12.9% y se concluyó que si se desea maximizar el porcentaje de tasa de hidrólisis es conveniente aplicar una dosis de 4% v/v de ácido acético durante 90 min de tiempo de exposición para ambas mezclas. 3. El tratamiento que genera mayor rendimiento de metano fue con dosis de 4% y 90 min (de 0.45 a 0.89 L CH₄/g SV rem para la mezcla A y de 0.49 a 0.92 L CH₄/g SV rem para la mezcla B), se concluye que el pre-tratamiento ácido redujo el TRH de 25 d a 13 d. 4. Con base en los resultados obtenidos se concluyó que, el pre-tratamiento ácido favorece en tres aspectos importantes el proceso de digestión anaerobio; la solubilización parcial de la materia orgánica, la disminución de TRH y la producción de biogás.

Literatura citada

- Abelleira, J., S. I. Pérez-Elvira, J. Sánchez-Oneto, J. R. Portela y E. Nebot. 2012. Advanced thermal hydrolysis of secondary sewage sludge: a novel process combining thermal hydrolysis and hydrogen peroxide addition. *Resources, Conservation and Recycling* 59:52-57
- Angelidaki, I., L. Ellegaard y B. K. Ahring. 1999. A comprehensive model of anaerobic bioconversion of complex substrates to biogas. *Biotechnology and Bioengineering* 63(3):363-372.
- Antonopoulou, G., H. N. Gavala, I. V. Skiadas, K. Angelopoulos y G. Lyberatos. 2008. Biofuels generation from sweet sorghum: fermentative hydrogen production and anaerobic digestion of the remaining biomass. *Bioresource Technology* 99(1):110-119.
- Aguilar, N. R. 2010. Kinetic model of hydrolysis of sugarcane waste. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 20(2):5-18.





- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association. Washington DC. 1998.
- Appels, L., J. Baeyens, J. Degreève y R. Dewil. 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Prog. Energy Combust. Sci.* 34:755-781.
- Assawamongkholisiri, T., A. Reungsang y S. Pattra. 2013. Effect of acid, heat and combined acid-heat pretreatments of anaerobic sludge on hydrogen production by anaerobic mixed cultures. *International Journal of Hydrogen Energy* 38(14):6146-6153.
- Basanta, M. A., J. E. García, H. Cervantes, G. Mata, Bustos Vázquez. 2007. Sostenibilidad del reciclaje de residuos de la agroindustria azucarera: una revisión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. p. 293-305.
- Caldera, Y., E. Gutiérrez, M. Luengo, J. Chávez y L. Ruesga. 2010. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica* 20(4):409-416.
- Egaña, J., E. Haardt, y F. Pizarro. 1989. Factores determinantes de la composición y valor nutritivo de las camás de broiler I. Efecto de piso de galpón. *Archivos de Medicina Veterinaria* 21(2):145-149.
- Ferreira, L.C., Donoso-Bravo, A., Nilsen, P.J., Fdz-Polanco, F., Pérez-Elvira, S.I., 2013. Influence of thermal pretreatment on the biochemical methane potential of wheat straw. *Bioresour. Technol.* 143:251-257.
- Jacob J.; Kunkle W.; Tervola R.; Miles R.; Mather F. 1997. Broiler litter, part 1: a feed ingredient for ruminant. University of Florida. Institute of Food Animal and Agricultural Science. Florida Cooperative Extension Service, PS-13, 1-5 p.
- Kivaisi AK, Eliapenda S. 1994. Pretreatment of bagasse and coconut fibers for enhanced anaerobic degradation by rumen microorganisms. *Renewable Energy* 5:791-795.
- Kootstra, M., Beeftink, H., Scott, E., Sander, J., 2009b. Optimization of the dilute maleic acid pretreatment of wheat straw. *Biotechnol. Biofuels* 2, 31.
- Malina, J.F. and Poland, F. G. Water quality management, design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes. Technome Publishing co inc, U.S.A. 1992. Vol 7.





- Monlau F, Barakat A, Trably E, Dumas C, Steyer J-P, Carrere H. 2012. Lignocellulosic materials into biohydrogen and biomethane: impact of structural features and pretreatment. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*
- Pakarinen, O.M., P. L. N. Kaparaju y J. A. Rintala. 2011. Hydrogen and methane yields of untreated, water-extracted and acid (HCl) treated maize in one- and two-stage batch assays. *Int. J. Hydrogen Energy* 36:14401-7.
- Pavlostathis, S.G. y Giraldo-Gómez, E. 1991. Kinetics of anaerobic treatment: a critical review. *Critical Reviews in Environmental Control* 21(5-6):411-490.
- Rude B.; Rankins Jr. D. 1993. Evaluation of bermudagrass (*Cynodon dactylon*) and johnsongrass (*Sorghum halapense*) as alternatives to corn forage (*Zea mays*) for ensiling with poultry litter. *Animal Feed Science and Technology* 44:101-111.
- Sacramento-Rivero, J. C., Romero G., Cortés-Rodríguez, E., Pech, E. y Blanco-Rosete, S. 2010 Diagnostico del desarrollo de bio-refinerías en México. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 9(3):261-283.
- Sambusiti, C., Ficara, E., Malpei, F., Steyer, J.P., Carrère, H., 2013. Effect of sodium hydroxide pretreatment on physical, chemical characteristics and methane production of five varieties of sorghum. *Energy* 55:449-456.
- Vergine P.; Záborská J.; and Canziani R.; 2014. Low temperature microwave and conventional heating pre-treatments to improve sludge anaerobic biodegradability. *Water Science & Technology* 69(3):518-524.
- Zhang QH, Tang L, Zhang JH, Mao ZG, Jiang L. 2011. Optimization of thermal–dilute sulfuric acid pretreatment for enhancement of methane production from cassava residues. *Bioresour Technol.* 102:3958-65.
- Zhao, X., Wang, L., Lu, X., & Zhang, S. 2014. Pretreatment of corn stover with diluted acetic acid for enhancement of acidogenic fermentation. *Bioresource technology* 158:12-18.





EVALUACIÓN DE LA FIRMEZA DE FRUTO EN CHAYOTE (*Sechium edule* Jack. Sw.) EN RELACIÓN A PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE VIDA DE ALMACÉN

Oscar Andrés Del Ángel Coronel^{371*}, Juan Díaz Vela³⁷², Karen Sarahí Acolt Cabal³⁷², Magdalena Jiménez Hernández³⁷¹ y Noemí Nava Valente³⁷¹

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la relación existente entre la firmeza del fruto y los cambios físicos y químicos postcosecha de los frutos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). Para este propósito se utilizaron 48 frutos de chayote de la variedad '*virens levis*' en madurez comercial, a los que se le determinaron variables como la deformación que alcanzaba el fruto y la fuerza requerida para penetrar con la sonda cónica (firmeza). Los resultados obtenidos se correlacionaron con los diferentes factores que evolucionan a lo largo de la vida de almacén como la determinación de la pérdida de peso y volumen, acidez titulable y fibra cruda. Los resultados obtenidos mostraron que el contenido de fibra se mantuvo constante durante la vida de almacén, mientras que las demás variables mostraron diferencias significativas con respecto al tiempo. Con relación a la firmeza y deformación, se observó un comportamiento de fruto bastante turgente en los primeros días de vida postcosecha, caracterizado por el alto contenido de humedad del fruto con poca elasticidad y fácilmente facturable. Sin embargo, conforme aumenta la deshidratación, en términos de pérdida de peso y volumen, el fruto pierde dicha turgencia, su cáscara adquiere mayor elasticidad y por tanto mayor resistencia a la penetración. Esta resistencia se sugiere pueda estar influenciada por el contenido de fibra, el cual permanece constante, y por el incremento en acidez titulable, que en conjunto pueden aumentar la viscosidad de la pared celular e incrementar los valores de resistencia a la deformación y resistencia a la penetración.

Palabras clave: frutos no climatéricos, postcosecha, vida de anaquel, fibra cruda, pérdida de peso

³⁷¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, col. Reserva Territorial, Huatusco, Ver. México. C.P. 94100. Correo-e: oscardelangel.coronel@hotmail.com

³⁷²Universidad Politécnica de Huatusco. Calle 9 Sur entre Av. 7 y 9 s/n., col. Centro, Huatusco, Ver., México.





Introducción

El chayote (*Sechium edule* Jacq. Swartz) es un frutal nativo de México y de América latina, que pertenece a la familia *Curcubitaceae*, es de una sola semilla y de carácter vivíparo. Actualmente se produce y distribuye prácticamente en los cinco continentes, evolucionando comercialmente en las últimas dos décadas de hortaliza de traspatio, a producto no tradicional de exportación, siendo México el mayor exportador a nivel mundial de este producto y el estado de Veracruz el mayor productor del país (Del Ángel *et al.*, 2017^{a,b})

Debido a que el sabor del fruto y el color de la pulpa son generalmente neutros, los frutos de chayote pueden ser utilizados convenientemente por la industria de los alimentos en la elaboración de jugos, pastas y papillas para bebés, salsas y ensaladas, pero también en la cocina tradicional como chayote hervido, frito, entre otros. Para tal propósito, se han establecido estándares de calidad a través de la norma oficial mexicana NOM-FF-47-1982 y el Codex internacional Codex-Stan-216-1999-2011, los cuales entre sus muchos criterios de comercialización establecen los criterios de textura o firmeza que debe presentar este producto.

En estudios previos (Del Ángel *et al.*, 2017^a) hemos reportado que dicho parámetro mantiene una tendencia creciente a incrementar la firmeza del fruto desde el momento del corte hasta los primeros 17 días en postcosecha, siendo afectado principalmente por la deshidratación, el cuales es un factor de rechazo señalado por la normativa nacional e internacional. No obstante, las posibles relaciones que pudiesen existir entre la textura del fruto de chayote y el comportamiento de otros parámetros fisicoquímicos que influyen en la calidad postcosecha del fruto aún no han sido estudiadas. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el perfil de textura (firmeza y deformación) en relación a parámetros fisicoquímicos en frutos de chayote durante el almacenamiento postcosecha, en la intención de entender ¿por qué el fruto de chayote tiende a endurecerse durante la maduración y senescencia, cuando en el resto de los productos frutícolas ocurre lo contrario?





Materiales y métodos

Material vegetal y descripción del sitio de colecta

Todo el material vegetal se colectó en dos plantíos ubicados en el municipio de Coscomatepec de Bravo (ubicado entre las coordenadas 19° 04' latitud norte y 97° 03' longitud oeste, a una altura de 1520 metros sobre el nivel del mar) y el municipio de Chocamán (ubicado entre las coordenadas 19°01' de latitud Norte y 97°02' de longitud Oeste, a una altura de 1,360 m), ambos pertenecientes al estado de Veracruz, México. Los frutos se colectaron en madurez comercial (aproximadamente entre 18 y 21 días post-antesis) y fueron trasladados el mismo día de corte al laboratorio y aclimatados a 20°C durante 24 horas, antes de comenzar con su análisis. Todos los frutos fueron aleatorizados y divididos en lotes de 48 frutos con cuatro repeticiones cada uno y con intervalos de evaluación cada 2 días iniciando desde el día cero hasta el 17 (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 17) y agregando los días 21,25 y 29 para continuar con el análisis en aquellos frutos que no presentaron algún grado de deterioro o pudrición.

Pérdida de peso y volumen

La pérdida fisiológica de peso se determinó por pesada directa a cada uno de los frutos con una balanza electrónica de la marca "LEEX®" modelo 20002. Los resultados se reportaron como porcentaje (%) pérdida de peso, de acuerdo al procedimiento de la (AOAC, 1990):

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i=Peso inicial (g).

P_f=Peso final (g).

La medición de volumen se realizó por desplazamiento sumergiendo los frutos en un vaso de precipitado con nivel de agua entre 1000 y 1200 mL. Luego se procedió a realizar la lectura midiendo la diferencia del volumen. Los resultados se reportaron como % de pérdida de volumen como sigue:

$$\% \text{ pérdida de volumen} = \frac{V_i - V_f}{V_f} \times 100$$





Donde:

V_i =Volumen inicial (mL).

V_f =Volumen final (mL).

Acidez titulable

Se determinó utilizando muestras de 10 mL de jugo de fruto, siendo aforado con agua destilada hasta llegar a 50 mL. Utilizando para titular NaOH 0.01N y fenolftaleína como agente indicador, los cálculos se realizaron de acuerdo a la siguiente fórmula (AOAC, 1990) y los resultados de acidez titulable fueron expresados como % ácido cítrico.

$$\% \text{ Acidez titulable} = \frac{(\text{mL de NaOH})(N \text{ del NaOH})(0.064)}{10 \text{ mL de jugo}} \times 100$$

Donde:

mL. de NaOH= Mililitros gastados de NaOH.

N del NaOH= Normalidad del NaOH.

Fibra cruda

Se utilizaron 0.5 gramos de las muestras de chayote (cascara y pulpa) y se transfirieron a un vaso de precipitado de 500 mL al que se le agregaron 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25% y se colocó sobre el extractor de fibra cruda manteniéndola en ebullición durante 1 hora. Después, se filtró en papel filtro Wathman™ No. 4 y se enjuago con agua destilada, manteniendo solo el residuo para posteriormente transferirlo a otro vaso para fibra cruda limpio con 200 mL de NaOH al 1.25% y se dejó hervir durante 1 hora. Posteriormente, se volvió a repetir el procedimiento de filtrado y enjuague con agua destilada, se transfirió el residuo a la estufa para su secado durante 30 minutos a una temperatura de 110°C. Los resultados se obtuvieron de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(P_{pr} - P_p)}{M} \times 100$$

Donde:

P_{pr} = peso del papel filtro más residuo (g).

P_p =peso del papel filtro (g).

M = peso de la muestra (g).





Firmeza y deformación

La firmeza se determinó como la resistencia a la penetración de los frutos y se evaluó como la fuerza necesaria en Newtons para causar la fractura del tejido vegetal por punción, con un texturómetro digital marca Guss™ FTA GS 25 con el cual se aplicó una fuerza de compresión con una punta cónica de 5 mm. La medición se realizó tomando dos lecturas de resistencia a la penetración en dos puntos equidistantes entre sí ubicados en el eje ecuatorial del fruto. La deformación fue registrada por el mismo aparato como la distancia (mm) de compresión o estrés que puede soportar el material ante una fuerza uniforme hasta antes de alcanzar el punto de fractura.

Análisis estadístico

El diseño experimental correspondió a un diseño completamente al azar. La unidad experimental fue de un fruto, empleando en total 48 frutos por lote a evaluar con cuatro repeticiones. Los datos fueron sujetos a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con ayuda del programa estadístico de computo Minitab V.16 utilizando. Las gráficas presentadas se realizaron con el programa Sigma Plot V.10.

Resultados y discusión

Pérdida de peso y volumen

Durante el periodo de evaluación de los frutos de chayote, éstos registraron una pérdida fisiológica de peso que osciló entre 0.6% a un 0.9% en promedio cada dos días. De acuerdo con el análisis de varianza, se observan diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre las lecturas de pérdida de peso, en particular, las mayores diferencias se registraron para los días 21 al 29, con valores promedio entre el 9.05% y 14.99% respecto al peso inicial. En la Figura 1 puede observarse una tasa de pérdida de peso constante durante el periodo de evaluación que se ajusta a una tendencia lineal [peso = $-1.536 + (0.522 \times \text{día})$] con un alto coeficiente de correlación entre las variables pérdida de peso y días de evaluación ($r = 0.94$).



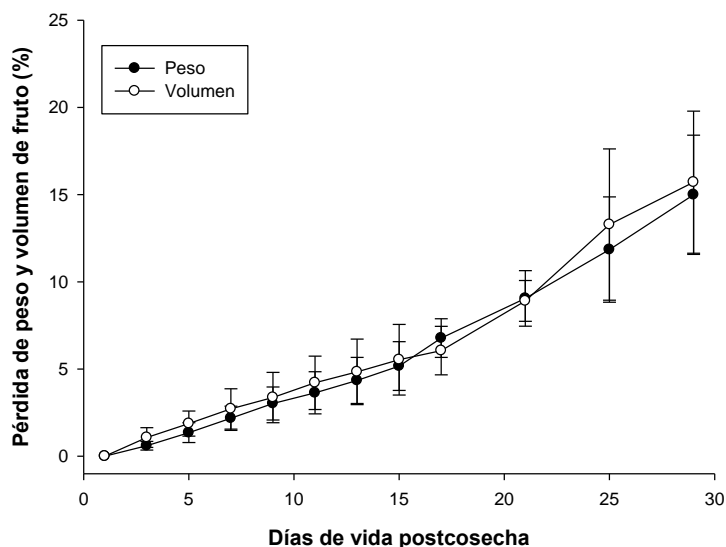


Figura 1. Pérdida de peso y volumen en frutos de chayote variedad *virens levis*.

Estos resultados están dentro del rango de porcentajes de pérdida de peso reportados en la literatura, donde se señalan valores que oscilan en el orden del 8 – 10% (GISeM, 2011); y de hasta 11.1% para periodos de almacenamiento de hasta 30 a temperatura ambiente (Valverde *et al.*, 1989).

Con respecto a la pérdida de volumen, el análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre los días de evaluación y con el mismo patrón de pérdida lineal [volumen = $-1.321 + (0.535 \times \text{día})$], con un alto coeficiente de correlación entre las variables pérdida de volumen y días de evaluación ($r = 0.91$). En la Figura 1 puede observarse la pérdida progresiva de volumen hasta el día 29 donde se presenta la pérdida más elevada con un valor promedio de 15.7% respecto al volumen inicial, y con signos visibles de deshidratación, marchitamiento y una calidad comercialmente inaceptable.

De acuerdo con Valverde *et al.*, (1989) la pérdida de humedad o deshidratación ocasionada por las altas tasas de transpiración del fruto durante la vida postcosecha, es un problema de importancia considerada por los exportadores, que afectan ocasionando el arrugamiento de fruto y reduciendo su vida de almacén. Adicionalmente, la pérdida de agua esta reportada como una de las causas principales del deterioro afectando la apariencia del fruto (marchitamiento y deshidratación), así como la calidad de algunos atributos de textura (firmeza, flacidez, jugosidad, entre otros) y su valor nutricional (Kader, 2002). En el caso





particular de los frutos de chayote evaluados en el presente estudio, los mayores valores de peso y volumen se observaron ligados a una mayor turgencia del fruto caracterizada por el alto contenido de humedad, de poca elasticidad y por tanto fácilmente facturables.

Acidez titulable

De acuerdo a los resultados obtenidos el porcentaje de acidez titulable tiende a incrementar desde el primer día de evaluación (con valores promedio de 0.04%) hasta alcanzar el valor máximo en el día 10 (0.064%), a partir de este punto se mantiene estadísticamente constante para registrar un descenso entre los días 25 y 30 (Figura 2). Estos resultados coinciden con lo reportado por Cadena *et al.* (2006) y Del Ángel (2017^a), quienes en ambos casos reportan valores semejantes así como un patrón similar de descenso de este parámetro a partir del día 21, alcanzando así los valores más bajos registrados.

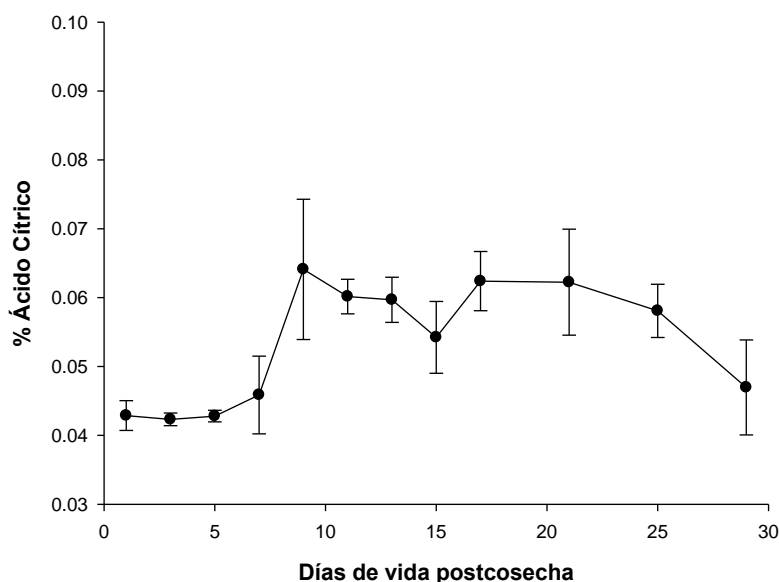


Figura 2. Acidez titulable en el extracto crudo del mesocarpio de frutos de chayote.

Esta reducción en los valores de acidez titulable podría ser un indicador de que la actividad metabólica se ha acelerado en el fruto, probablemente al consumo de algunos de los principales ácidos o compuestos orgánicos de reserva durante el desarrollo de brotes germinados. Esta hipótesis puede ser soportada por los hallazgos observados por Cadena *et al.* (2006), quienes al evaluar diferentes temperaturas de refrigeración encontraron que la





acidez titulable permanecía sin diferencias estadísticas significativas por lo que las temperaturas frías mantenían una actividad metabólica reducida en fruto y por consiguiente un consumo reducido de ácidos orgánicos, exceptuando al ácido ascórbico cuyos niveles se mantuvieron decrecientes, señalando que el almacenamiento en frío no garantiza la preservación de este ácido.

Es pertinente destacar que aunque los datos de acidez titulable se reportan como % de ácido cítrico, éste ácido no es el único que compone a los ácidos orgánicos en el fruto de chayote. De acuerdo con GISeM (2011) se reportan contenidos de ácido ascórbico en el orden de $6.76 \pm 0.16 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$, no obstante, dicho ácido es reducido por el deterioro de la calidad del fruto y la senescencia, en consecuencia por la velocidad de respiración fijada por el fruto (Kader, 2002).

Fibra cruda

El contenido de fibra cruda no mostró cambios estadísticamente significativos ($P \leq 0.05$) durante el periodo de evaluación tanto para cáscara como para pulpa, como se observa en la Figura 3, siendo el día 11 el momento en el que se registró el mayor valor obtenido en cáscara (26.62%) y el día 1 para pulpa (21.98%).

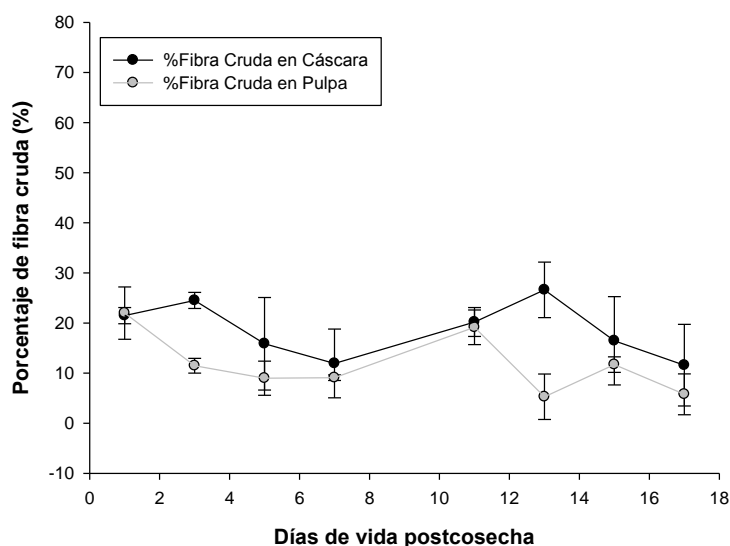


Figura 3. Fibra cruda en cáscara y pulpa de frutos de chayote.





Estos valores tampoco presentaron correlación con ninguna de las variables evaluadas en el presente estudio, no obstante, la ausencia de correlación y de diferencias estadísticas significativas en el contenido fibra cruda, este parámetro puede ser asociado con una mayor relevancia desde el punto de vista de análisis de textura de fruto que se presenta a continuación.

Firmeza y deformación del fruto

En este trabajo se evaluaron dos parámetros de textura durante la vida de anaquel del fruto de chayote: a) la firmeza del fruto, evaluada tanto en cascara como en pulpa e interpretada como la determinación de la fuerza máxima requerida para romper el tejido de un fruto (Costell *et al.*, 1997), es decir, la fuerza requerida para penetrar el fruto con una sonda; y b) la deformación, la cual es interpretada como el estrés alcanzado por el fruto cuando una fuerza es aplicada uniformemente (Bourne, 2002), en otras palabras, la resistencia que ofrece el fruto a una fuerza de compresión hasta el momento antes de alcanzar el punto de fractura.

Al respecto, los resultados mostrados en el Cuadro 1 indican que la mayor deformación del fruto con cáscara ocurre al día 17, coincidiendo con el valor máximo de firmeza o resistencia a la penetración obtenida para frutos con cáscara, mientras que para los frutos sin cáscara el mayor valor se registró al día 11.

Cuadro 1. Deformación y resistencia a la penetración en frutos de chayote con y sin cáscara.

DÍAS DE VIDA POSTCOSECHA	FRUTOS CON CASCARA		FRUTOS SIN CASCARA	
	Deformación* (mm.)	Firmeza** (N)	Deformación* (mm.)	Firmeza** (N.)
1	6.27 ^{ab}	137.24 ^b	7.52 ^a	132.57 ^{bc}
3	6.13 ^b	163.29 ^{ab}	7.11 ^{ab}	122.97 ^c
5	6.50 ^{ab}	158.83 ^{ab}	5.44 ^{bc}	126.40 ^{bc}
7	6.33 ^{ab}	145.10 ^b	6.21 ^{abc}	128.97 ^{bc}
11	7.01 ^{ab}	157.12 ^{ab}	6.45 ^{abc}	164.65 ^a
13	6.42 ^{ab}	155.06 ^b	5.81 ^{bc}	140.63 ^b
15	6.65 ^{ab}	145.10 ^b	5.20 ^c	114.34 ^c
17	7.45 ^a	185.94 ^a	6.34 ^{abc}	122.90 ^c

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). **Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas altamente significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.001$).





Este endurecimiento del fruto está relacionado casi exclusivamente con deshidratación en términos de pérdida de peso y volumen del fruto, sin embargo, la mayor deformación durante la penetración de la sonda en el fruto puede ser indicador de un aumento de la elasticidad de la cáscara, ocasionado no solo por la pérdida de humedad de la misma, sino también por el aumento en el porcentaje de acidez titulable registrado durante los primeros 10 días de evaluación y su interacción con el contenido de fibra cruda, el cual se mantuvo estadísticamente constante.

De acuerdo con McDougall *et al.*, (1996) la fibra presente en la pared celular de muchos vegetales contiene enlaces ácido-lábiles que en presencia de acidez pueden romperse y/o incrementar la viscosidad de la misma. En consideración a lo anterior es posible establecer la hipótesis de que el aumento en la deformación o estrés que puede soportar la cáscara del fruto antes de ceder a la penetración puede estar relacionada con el contenido de fibra cruda que se mantiene constante y la acumulación de ácidos orgánicos en el tejido, la cual incrementa durante los primeros días postcosecha. La interacción de estos dos parámetros (acidez y fibra) podría explicar un aumento en la elasticidad de la cáscara y por ende una mayor deformación antes de alcanzar el punto de fractura, mientras que la deshidratación en términos de pérdida de peso y volumen, pero manteniendo el mismo contenido de fibra, podría explicar parcialmente el aumento de la firmeza o resistencia a la penetración del fruto de chayote durante la vida de almacén. No obstante, antes de aceptar esta hipótesis es necesario realizar más estudios que integren otros componentes de la pared celular como lignina, contenido de iones de calcio, pectinas, expansinas, entre otros.

Por otra parte, estos resultados son mayores a los señalados por Del Ángel (2017^a) quien reportó el valor mínimo de 50.3 ± 2.5 N hasta 68.7 ± 8.6 para la misma variedad de chayote y Aung *et al* (1996) quienes registraron valores promedio 22.1 ± 2.7 N y 14.3 ± 0.8 N en la firmeza de piel y pulpa de chayote. Estas diferencias pueden ser atribuidas al tipo de sonda empleada para medir dicho parámetro, ya que en este estudio se utilizó un analizador de textura o texturómetro digital, en comparación con el penetrómetro manual que se utilizó en las investigaciones citadas, además de una posible atribución al estado fisiológico o la variedad del fruto, ya que estos últimos no mencionan claramente estas especificaciones.





Conclusiones

1. La deshidratación de los frutos de chayote es una de las principales causas que contribuye al deterioro del fruto durante la vida postcosecha, afectando directamente no solo a parámetros como la pérdida de peso vendible y el volumen del fruto causando el arrugamiento del mismo, sino también causando el endurecimiento del mismo fruto por la pérdida de turgencia, cambiando parámetros como la resistencia a la penetración y el grado de deformación ante una fuerza de compresión, lo que se traduce en un aumento de la elasticidad y por tanto mayor dificultad para alcanzar un punto de fractura. Aunado a lo anterior, los valores de fibra cruda permanecen estadísticamente constantes contribuyendo con la resistencia a la penetración conforme el fruto se deshidrata, sin embargo, es posible que el contenido de fibra pueda estar influenciado por el aumento de la acidez titulable en el fruto durante los primeros 10 días de vida postcosecha, lo que sugiere un aumento en la viscosidad de la fibra y por tanto un aumento en la elasticidad permitiéndole soportar al fruto una mayor deformación o estrés ante una fuerza de compresión uniforme.

Literatura citada

- AOAC.1990. AOAC: Official Methods of Analysis. Vol. 1. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Virginia, U.S.A. 771 p.
- Aung, L.H., C.M. Harris, R.E. Rij y J.W. Brown. 1996. Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw. Journal of Horticultural Science, 71(2): 297-304.
- Bourne, M. 2002. Food texture and viscosity: concepts and measurement. 2nd edition. Food Science and Technology International Series. Academic Press, Elsevier. N.Y., U.S.A. 427 p.
- Cadena, I. J., L. Arevalo, L.M. Ruiz, J.F. Aguirre, M. Soto, M. Luna y H.A. Zavaleta. 2006. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* (Jacq.) Sw. fruit during postharvest. Postharvest Biology and Technology 40:170-176.





- Codex-Stan-216-1999-2011. Standard for chayotes. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BSTAN%2B216-1999%252FCXS_216s.pdf
- Costell, E., M. Fiszman y L. Durán. 1997. Propiedades Físicas. Reología de Sólidos y textura. México: Cyte IPN Temas de Tecnología de Alimentos.
- Del Ángel-Coronel, O.A., E. León-García, G. Vela-Gutierrez, J.O. Rojas-Reyes, M.A. Gómez-Lim, H.S. García. 2017^a. Lipoxygenase activity associated to fruit ripening and senescence in chayote (*Sechium edule* Jacq. Sw. cv. "virens levis"). Journal of Food Biochemistry 24(1):1-12.
- Del Ángel-Coronel, O.A., E. León-García, G. Vela-Gutierrez, J. De La Cruz-Medina, R. García-Varela y H.S. García. 2017^b. Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). p. 1680-1704. In: Elhadi M. Yahia (Tech. Ed.). Fruit and vegetables phytochemicals: chemistry and human health. Vol. 2. Second Edition. Wiley Blackwell. N.J., U.S.A.
- GISeM. 2011. Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México A.C. Montecillos, Edo. De México, México. 92 p.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3th Edition. University of California, U.S.A. 535 p.
- McDougall, G.J., I.M. Morrison, D. Stewart and J.R. Hillman. 1996. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. J. Sci. Food Agric. 70:133-150.
- NOM-FF-47-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano-hortalizas en estado fresco chayote. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4791838&fecha=13/01/1983
- Valverde, E., M.V. Sáenz y E. Vargas. 1989. Estudios preliminares sobre la conservación de la fruta de chayote (*Sechium edule*) después de la cosecha. Agronomía Costarricense 13(1):25-33.





VERACRUZ 2018

FORO

“IMPORTANCIA, PROBLEMÁTICA, PRESERVACIÓN Y MANEJO RACIONAL DE LOS MANGLARES EN MÉXICO”



inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



SITUACIÓN DE LOS MANGLARES EN VERACRUZ Y SU PROBLEMÁTICA

Patricia Moreno Casasola³⁷³

Resumen

Veracruz se caracteriza por tener un largo litoral, una planicie costera extensa y una sierra montañosa que lo separa del Altiplano; recibe lluvias desde la montaña hasta la costa, la cual se filtra y llega a las tierras bajas. Tiene un extenso sistema de ríos que forma amplias planicies de inundación en las partes más bajas. Estos flujos de agua dulce interactúan con las mareas y la cuña salina formando gradientes de inundación y de salinidad, constituidos por manglares, selvas inundables y popales/tulares. Estos dos últimos, forman los humedales costeros de agua dulce, que se caracterizan por su alta productividad y por los servicios ecosistémicos tan importantes que proveen a la sociedad, como son: proteger la zona costera, aportar nutrientes a las pesquerías y almacenar carbono y agua dulce en el suelo, entre otros. Veracruz tiene cuatro especies de mangles que forman distintas asociaciones, de una sola especie o combinaciones de ellas, y que, en el extremo más dulce, frecuentemente se asocia con especies de selvas inundables. La mayor cobertura de manglar está en el complejo lagunar de Alvarado, la Laguna de Tamiahua, el estuario del río Tuxpan y la región de Tecolutla. La protección legal existente ha mantenido la superficie existente, pero los esfuerzos de restauración y conservación de numerosos grupos realizando investigación científica e instituciones de gobierno y organizaciones de sociedad civil (OSC) comprometidas con su conservación y restauración, no han logrado recuperar la superficie que ocupaba. Este ecosistema sigue estando sujeto a usos y presiones directas e indirectas (extracción de madera y fauna, contaminación, alteraciones de la hidrología y acumulación de sedimentos, entre otros). La poca información sobre usos y presiones a nivel local, está dispersa y hay poco trabajo sobre la relación, saberes y usos que las comunidades particulares guardan con los manglares. Urge una visión integral de los ecosistemas costeros de México, considerando los flujos de agua y su mantenimiento y los ecosistemas

³⁷³ Red de Ecología Funcional. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz. patricia.moreno@inecol.mx





adyacentes, tierra adentro y hacia el mar. Ello coadyuvará a garantizar los bienes y servicios ecosistémicos proporcionados por estos ecosistemas.

Palabras clave: flujos de agua, gradientes, popales, selvas inundables, servicios ecosistémicos.

Introducción

México es un país costero y Veracruz, también lo es, no solo territorial sino también culturalmente. Tiene una extensa planicie costera, donde se asentaron primero los olmecas y posteriormente los totonacos. Quedan importantes vestigios arqueológicos como son Tres Zapotes, El Tajín, Cempoala, Quiahuiztlan, Las Higueras, entre otros. Con la llegada de los españoles se estableció el Puerto de Veracruz, que durante muchas décadas fue el más importante del país. Hoy en día, resaltan Tlacotalpan y sus fiestas inmersas en los humedales y la cultura jarocho asociada a las zonas bajas.

Los siguientes datos muestran la importancia de los litorales y los ecosistemas costeros en el país y en Veracruz.

- Extensión del litoral: México: 11,122 km. Veracruz: 745 km (Martínez *et al.*, 2014).
- Superficie de playas y dunas: México: 808,711 ha, Veracruz: 106,592 ha (Martínez *et al.*, 2014).
- Superficie de manglares: México: 764,486 ha (CONABIO, 2009), Veracruz: 36,216 ha (CONAGUA- Inventario Nacional de Humedales).
- Superficie de humedales costeros de agua dulce: México: 4, 594,407 ha, Veracruz: 358,438 ha (CONAGUA- Inventario Nacional de Humedales).

Tanto para México como para Veracruz, la mayor superficie de humedales la ocupan los costeros de agua dulce, seguidos por los manglares. Hay casi diez veces más humedales costeros de agua dulce que manglares. Cabe aclarar que se denomina humedales costeros de agua dulce aquellas superficies inundables, entre los 0 y 200 msnm, que mantienen una conexión hasta la costa, y que no incluyen las superficies consideradas como manglares.



Carter (1989) define la zona costera como el espacio donde los ambientes terrestres influyen en los ambientes marinos (o lacustres) y viceversa. Por tanto, constituye la frontera o transición, donde entran en contacto e interactúan y donde todos ejercen influencia sobre esta delgada franja. Se caracteriza por los flujos de agua y sedimentos, muchos de ellos en forma de pulsos, las interacciones entre ecosistemas costeros y los gradientes de salinidad e inundación. El enfoque integral de la zona costera debe abarcar, además de la línea litoral de continentes e islas, las aguas someras sobre la plataforma continental, arrecifes, bajos arenosos, praderas de pastos marinos, lagunas y estuarios, y tierras bajas de las llanuras costeras con su amplísima gama de ecosistemas (Moreno-Casasola, 2006) (Figura 1).

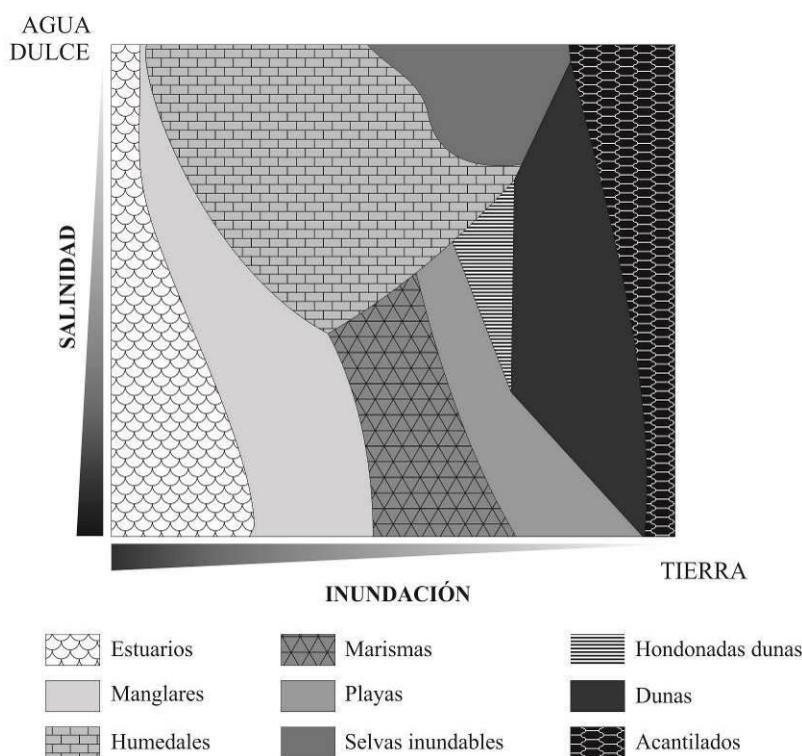


Figura 1. La vecindad e interacción entre los ecosistemas costeros se puede explicar a través de los gradientes de inundación y salinidad que se forman. En el extremo más inundado y salino están los estuarios y conforme persiste la inundación, pero disminuye la salinidad se ubican los humedales de agua dulce, que incluyen selvas inundables y humedales herbáceos. Cuando no hay inundación, pero hay salinidad, se tienen playas y dunas y, finalmente, los acantilados. Redibujado de Moreno-Casasola (2016).

Los gradientes costeros

A lo largo de la zona costera de Veracruz bajan numerosos ríos que forman extensas planicies de inundación. Estos ríos son alimentados por las lluvias que se producen en la



Sierra Madre Oriental que bordea al estado hacia tierra adentro y que baja en forma de escurrimientos superficiales (ríos) y subterráneos (Neri *et al.*, 2014). Los climas cálidos húmedos y subhúmedos que comprenden aproximadamente un 80% del territorio veracruzano, con una precipitación total anual entre 1,500 a un poco más de 4,500 mm, son responsables de la gran cantidad de agua que fluye hacia las costas, dando lugar a extensos humedales, tanto salobres y arbóreos como los manglares, como de agua dulce como son las selvas inundables, los popales y tulares (Figura 2).

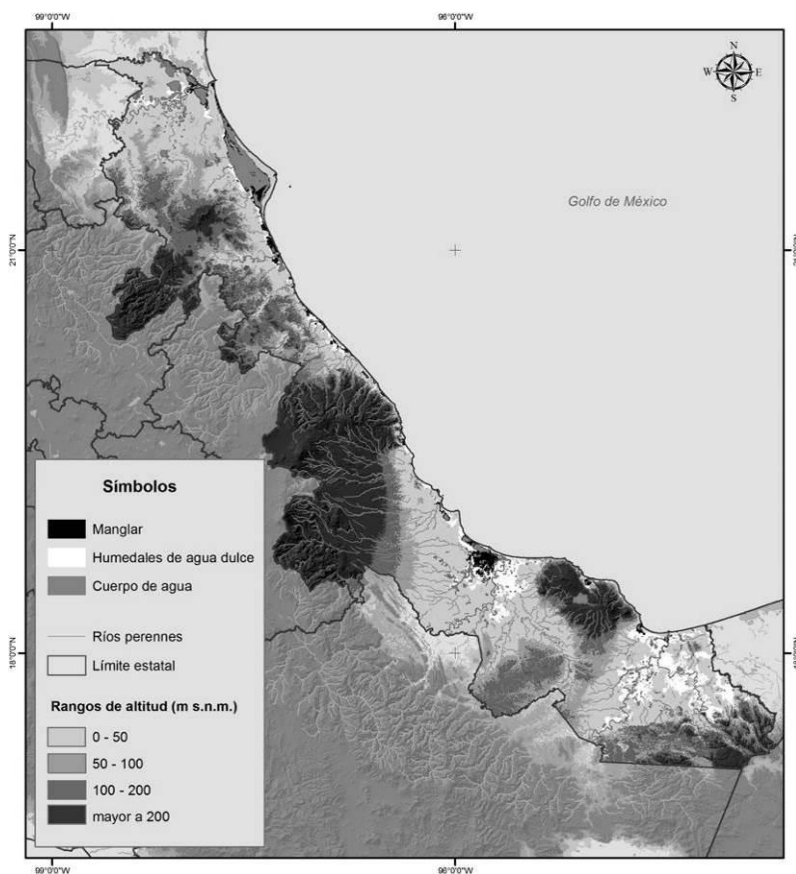


Figura 2. Modelo digital de terreno de Veracruz, mostrando las zonas más bajas, la hidrografía y los humedales costeros de agua dulce, así como los manglares. Dibujo elaborado por R. Monroy.

Los humedales, en general, y los manglares, en particular, proporcionan servicios ambientales que benefician a la sociedad: actúan como biofiltros de aguas de desecho y amortiguan los efectos de ciclones y tormentas tropicales; almacenan carbono, agua, nutrientes y sedimentos; mitigan la penetración de la cuña salina evitando la salinización de pozos; aportan nutrientes a las lagunas y arrecifes de coral y detienen el aporte de sedimento





excesivo evitando el azolve; son una barrera contra la salinidad que aporta la brisa marina; son refugio del 90% de alevines y estados juveniles de peces marinos de importancia comercial; son fuente de recursos básicos como carbón, leña, madera, taninos, hojas de palma, proteína animal; son hábitat adecuado para actividades de ecoturismo y fuente potencial de ingresos y calidad de vida para los habitantes locales (López-Portillo *et al.*, 2010; Moreno-Casasola, 2016).

Los factores ambientales que controlan la presencia y el patrón de distribución de cada especie de mangle son la salinidad, que está asociada a la mezcla regular de agua marina y agua dulce proveniente del continente; así como la frecuencia y duración de inundación (hidroperiodo) que depende del relieve del suelo, el ciclo de mareas y los aportes estacionales de agua de lluvia, subterránea y de los ríos. Por ejemplo, la salinidad del agua en los manglares puede variar entre 2.5 y 80 ppt (López-Portillo *et al.*, 2010). La Figura 3 muestra los valores de salinidad que se encuentran en el agua superficial, el agua intersticial a nivel de las raíces de las plantas y en el manto freático a un metro de profundidad, para tres tipos de humedales.

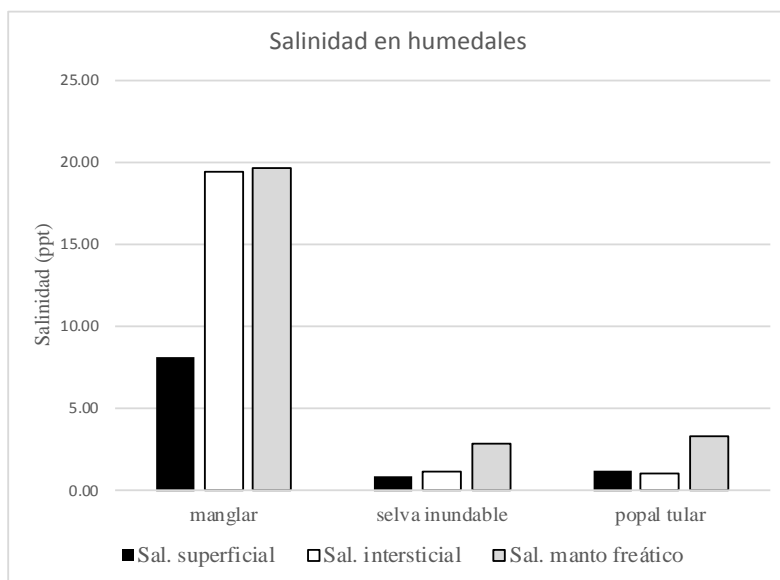


Figura 3. Valores de salinidad (ppt) en el agua superficial, intersticial y del manto freático en distintos tipos de humedales que forman un gradiente en las planicies costeras de Veracruz.

La salinidad del agua establece un gradiente que determina las especies que se establecen. Ello permite que, en la parte más dulce del manglar, hacia tierra adentro, aparezcan especies





de selvas inundables o de tulares, formando un continuo de humedales sobre el gradiente (Infante *et al.*, 2014; Moreno-Casasola, 2016). Estos flujos de agua y gradientes dan vida a los manglares y humedales costeros de agua dulce.

LOS MANGLARES EN VERACRUZ

Las cuatro especies de manglares de Veracruz forman varias asociaciones: la primera dominada por *Avicennia germinans* (mangle negro), que ocupa planicies lodosas; la segunda dominada por *Rhizophora mangle* (mangle rojo) formando franjas en las orillas de los cuerpos de agua y una tercera de bosques mixtos de *Avicennia*, *Rhizophora* y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco). Los bosques con *Conocarpus erectus* (el mangle botoncillo) son menos comunes hacia el sur del estado (López-Portillo *et al.*, 2010).

La mayor cobertura de manglar está en el complejo lagunar de Alvarado (42% del total estatal), la Laguna de Tamiahua (19%), el estuario del río Tuxpan (11%) y la región de Tecolutla. El resto de los manglares se reparte en superficies entre tres a más de 1,500 hectáreas. Los ecosistemas de manglar que ocupan una mayor superficie están en planicies fluviales muy amplias asociadas a la desembocadura de ríos conectados con el mar y que se encuentran protegidas por cordones de dunas costeras que favorecen la formación de lagunas internas o sistemas estuarinos muy extensos. Estos embalses pueden recibir una elevada cantidad de agua dulce proveniente de escurrimientos superficiales e incluso, del alumbramiento de aguas freáticas. Hay ejemplos de bosques mixtos de mangle blanco y especies de selva inundable como el apompo (*Pachira aquatica*) y el corcho o anona (*Annona glabra*) en el estero Ciénega del Fuerte y en las lagunas de La Mancha, Mandinga, Alvarado, Sontecomapan, Ostión, entre otras (López-Portillo *et al.*, 2010; Infante *et al.*, 2011). El mapa muestra la distribución de los manglares y humedales de agua dulce costeros en Veracruz (Figura 4).

Diagnóstico, usos y presiones en los manglares

A pesar de su importancia ecológica, económica y social, se estima que, en el mundo, la extensión de los manglares se ha reducido aproximadamente en 35%, durante las últimas dos décadas (Valiela *et al.* 2001; Alongi, 2008). La legislación mexicana (NOM-022-



SEMARNAT-2003 y el artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre) que protege al manglar ha estabilizado la cobertura de este ecosistema (Troche-Souza *et al.*, 2016). Gran parte de esta deforestación ha sido causada por el interés comercial o de autoconsumo de la madera (o para hacer carbón), al realizar cambios de uso del suelo para actividades agropecuarias y urbano-turísticas y la creación de estanques para acuicultura (Kovacs, 1999; Páez-Osuna, 2001). Las actividades industriales también han afectado a los manglares, como el caso de la apertura de barras en las Lagunas Machona y Tupilco, en Tabasco, actividades portuarias y de generación de energía eléctrica en Tuxpan-Tampamachoco en Veracruz, entre otras.

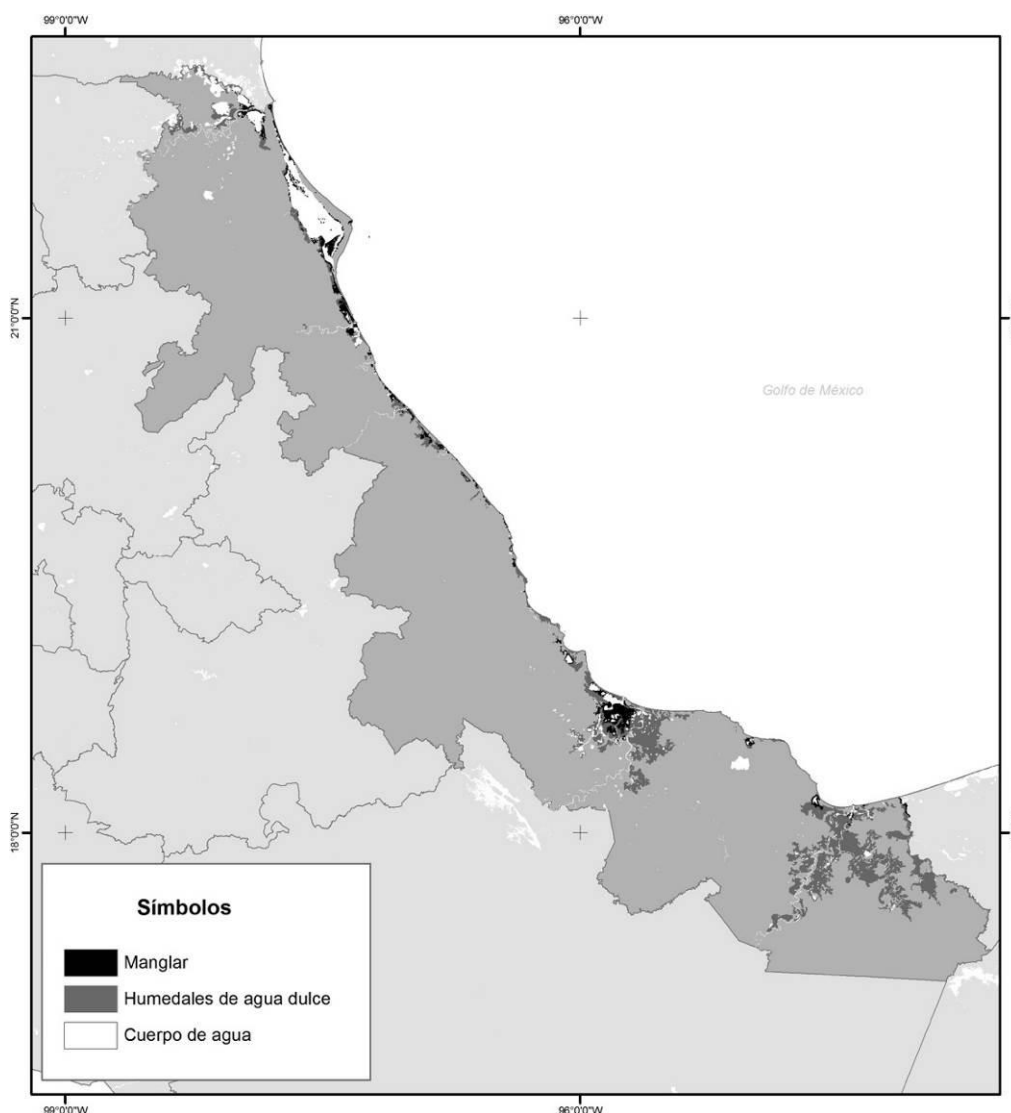


Figura 4. Distribución de los manglares y humedales costeros de agua dulce en Veracruz. (Elaboró R. Monroy con base a la CONAGUA - Inventario Nacional de Humedales).



Frente al cambio climático, algunas interacciones entre los controladores del cambio global (cambios en la temperatura, en la precipitación, en el hidropериодо, en la salinidad, en el nivel del mar, intensificación de ciclones, incremento en el nivel de bióxido de carbono, eutrofización, invasión de especies y cambios de uso del suelo) pueden llevar a la muerte zonas de manglares, mientras que otras pueden incrementar su superficie (Osland *et al.*, 2018), sobre todo a costa de los humedales de agua dulce.

Los manglares son, posiblemente, el ecosistema más reconocido y apreciado por la sociedad debido a los usos y servicios ecosistémicos que proporcionan. Entre ellos están la energía en forma de madera y carbón, elaboración de instrumentos y utensilios, madera para construcción, obtención de alimentos, espacio para actividades recreativas, deportivas, académicas y culturales.

Esto ha hecho, que esté sujeto a numerosas presiones de la actividad humana y de la dinámica del planeta y, ahora, del cambio climático. Entre las principales, están la reducción de cobertura que se ha contrarrestado con la legislación actual y la restauración, que aún se encuentra lejos de restablecer la superficie que ocupaba este ecosistema. Sigue dándose una fuerte presión para modificar la ley que protege al manglar, sobre todo por el sector de turismo, que en la mayor parte de los casos no ha logrado incorporar los ecosistemas costeros a su desarrollo de una manera sustentable. En estas zonas, la contaminación por aguas grises es cada vez mayor, al igual que en áreas donde el manglar está cercano a las ciudades, por ej. Arroyo Moreno y la conurbación Veracruz-Boca del Río. El desarrollo portuario, petrolero y energético ha afectado de manera directa e indirecta los manglares y los caminos de mantenimiento y ductos de traslado afectan la hidrología superficial de estos ecosistemas. Esta alteración hidrológica, también se da en zonas de manglares donde hay construcción de carreteras, urbanizaciones, entre otras, ya que modifican los flujos superficiales y subsuperficiales. Las presas han alterado las cantidades y momentos en que se libera agua, reducido los flujos de agua dulce y modificado los hidropериодоs. También han retenido sedimentos (y lo siguen haciendo) modificando las tasas de azolve y subsidencia. Poblaciones de algunas especies invasoras (tanto nativas como exóticas) están afectando los manglares, por ejemplo, el incremento en cobertura del helecho de manglar (*Acrostichum* spp) como se aprecia en los manglares de Tecolutla.





En México ha habido un trabajo importante de investigación sobre manglares durante más de cinco décadas. Han participado numerosas universidades como la UNAM (Inst. Limnol. y Ciencias del Mar, Inst Biología, Fac. Ciencias,), Universidad Veracruzana, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, entre otras, CINVESTAV e institutos del sistema CONACYT como INECOL, CIBNOR y ECOSUR. En este sentido, CONABIO ha generado un extenso directorio de especialistas. Hoy en día hay instituciones de gobierno comprometidas con su conservación y restauración (CONAFOR, CONABIO, CONANP), y su atención está muy enfocada a los manglares. La visión ecosistémica que contempla los flujos de agua y las interacciones entre los humedales costeros de agua dulce y los manglares ha sido poco atendida y es fundamental para la conservación y restauración no solo de los humedales sino de los servicios ecosistémicos. Las OSC han venido trabajando con las comunidades en el manejo de los manglares, pero también en este sector hay una disociación de los humedales costeros de agua dulce y los manglares. En Veracruz y, en otros estados, como Tabasco, Campeche y la Península de Yucatán esta visión cobra especial importancia por la extensión de la planicie costera y los flujos e interacciones entre los distintos tipos de humedales.

Por tanto, es importante resaltar dos problemas que no se han abordado: No se cuenta con información sobre usos y presiones a nivel local, y la existente está dispersa. Ello implica también un trabajo antropológico y social para entender la relación, saberes y usos que las comunidades particulares guardan con los manglares. CONABIO ha identificado las zonas a restaurar, pero no hay aún un análisis de las causas locales de degradación o pérdida de estos manglares y su situación de contaminación, invasión de especies, modificación de flujos hidrológicos, problemática social local, entre otros. Pero más importante aún es no contar con una visión integral de los ecosistemas costeros a nivel de país, incluyendo manglares y humedales costeros de agua dulce, que tome en cuenta los flujos de agua y su mantenimiento y los ecosistemas adyacentes tanto hacia tierra adentro como hacia el mar. Para garantizar que los bienes y servicios ecosistémicos proporcionados por los manglares continúen estando disponibles para las generaciones futuras, es urgente proteger, gestionar y restaurar mejor los bosques de manglares, así como los ecosistemas adyacentes que brindan oportunidades de adaptación, en respuesta al cambio global (Osland *et al.*, 2018).





Conclusiones

México cuenta con información suficiente para plantear políticas públicas, desarrollar buenas prácticas y sustituir las malas, así como crear planes de manejo regionales. Ya hay algunos ejemplos de manejo comunitario de manglares, pero es necesario incrementarlos y fortalecerlos, con bases científicas y los saberes locales. Sin embargo, actualmente la información generada casi no se usa para tomar decisiones ni para definir políticas públicas. Hay una falta de visión de la zona costera como una región distinta y se carece de leyes y reglamentos específicos para la zona costera; lo que no permite ver a los humedales costeros (manglares y humedales de agua dulce) como un todo unido y dependiente de los flujos de agua costeros. Se pierde de vista las interacciones que permitirían proteger, conservar y usar de manera sustentable los manglares.

Agradecimientos

Agradezco a R. Monroy por su apoyo con las figuras y el cálculo de los datos usados.

Literatura citada

- Alongi, D. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 76:1–13.
- Carter, R. W. G. 1989. *Coastal Environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines.* Academic Press Limited, Londres. 617 p.
- CONABIO. 2009. *Manglares de México: extensión y distribución.* 2a ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 99 p.
- CONAGUA. *Inventario Nacional de Humedales.* <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-humedales-inh>





- Infante-Mata, D., P. Moreno-Casasola, C. Madero-Vega, G. Castillo-Campos y B. G. Warner. 2011. Floristic composition and soil characteristics of tropical freshwater forested wetlands of Veracruz on the coastal plain of the Gulf of Mexico. *Forest Ecology and Management* 262(8): 1514-1531.
- Infante-Mata, D., P. Moreno-Casasola y C. Madero-Vega 2014. *Pachira aquatica*, as indicator of mangrove limit? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(1): 143-160.
- Kovacs, J. M. 1999. Assessing mangrove use at the local scale. *Landscape and Urban Planning* 43: 201-208.
- López-Portillo, J., M. L. Martínez, P. Hesp, J. R. Hernández Santana, V. M. Vásquez-Reyes, L. R. Gómez Aguilar *et al.* 2010. Atlas de las costas de Veracruz. Manglares y dunas. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. Xalapa. 249 p.
- Martínez, M. L., P. Moreno-Casasola, I. Espejel, O. Jiménez-Orocio, D. Infante-Mata, N. Rodríguez-Revelo, N. (eds.) 2014. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. México D.F. 360 p.
- Moreno-Casasola, P. 2006. ¿Qué significa vivir en la zona costera? p. 53- 80. *In:* Moreno Casasola P., E. Peresbarbosa-Rojas y A.C. Travieso-Bello (ed.) Estrategias para el manejo costero integral. El enfoque municipal. Instituto de Ecología, A.C., CONANP y Gobierno del Estado de Veracruz-Llave. Xalapa, Veracruz.
- Moreno-Casasola, P. 2016. La zona costera y sus ecosistemas. P. 18-36. *In:* Moreno-Casasola, P. (ed.) Servicios ecosistémicos de selvas y bosques costeros de Veracruz. Costa Sustentable no 8. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, Xalapa. 358 p.
- Moreno-Casasola, P. (ed.) 2016. Servicios ecosistémicos de selvas y bosques costeros de Veracruz. Costa Sustentable no 8. INECOL-ITTO-CONAFOR-INECC, Xalapa.
- Neri, F. I., F. O. Escolero, T. S. Pérez y T. G. Riquer. 2014. Inundaciones por agua subterránea en zonas costeras. Caso de estudio: acuífero de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66: 247-261.
- Osland, M. J., L. C. Feher, J. López-Portillo, R. H. Day, D. O. Suman, J. M. Guzmán Menéndez, *et al.* 2018. Mangrove forests in a rapidly changing world: Global change impacts and conservation opportunities along the Gulf of Mexico coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.006>.





- Páez-Osuna, F. 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects, and mitigating alternatives. *Environmental Management* 28: 131-140.
- Rodríguez-Zúñiga, M. T., C. Troche-Souza, A. D. Vázquez-Lule, J. D. Márquez-Mendoza, B. Vázquez Balderas, L. Valderrama-Landeros, *et al.* 2013. Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D. F. 128 p.
- Troche-Souza, C., M. T. Rodríguez-Zúñiga, S. Velázquez-Salazar, L. Valderrama-Landeros, E. Villeda-Chávez, A. Alcántara-Maya, *et al.* 2016. Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo (1970/1980-2015). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 128 p.
- Valiela, I., J. L. Bowen y J. K. York. 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51: 807–15.





MONITOREO DE MANGLARES EN LA COSTA DE VERACRUZ

Ana Laura Lara Domínguez^{374*} y Jorge López Portillo Guzmán³⁷⁴

Resumen

Se realizó el monitoreo en los manglares del estado de Veracruz (2009 - 2016) en las localidades que abarcan todo el litoral del estado (Pueblo Viejo, Tamiahua, Tampamachoco, Tumulco, Tecolutla, Nautla, El Llano, La Mancha, Mandinga, Alvarado, Sontecomapan, Ostión). El monitoreo se realizó en 33 parcelas permanentes en dos geoformas: manglar de borde con dominancia de *Rhizophora mangle* y manglar interno o de cuenca con dominio de *Avicennia germinans*. A lo largo de todo el litoral, se censaron un total de 3,161 individuos marcados con placas de aluminio, en la proporción siguiente: 52% de *Avicennia germinans*; 35% de *Rhizophora mangle* y 13% de *Laguncularia racemosa*. No se observaron variaciones importantes de los parámetros ambientales del agua intersticial, al inicio y final del proyecto, y la temperatura fue constante a lo largo del monitoreo, con un patrón cíclico definido por la época del año en todas las localidades monitoreadas. Las localidades al norte, como son los manglares de Tamiahua, Tuxpan y La Mancha tienden a ser más salinos, al igual que Mandinga y Ostión, al sur; mientras que los manglares en Tecolutla, Alvarado y Sontecomapan tienden a ser estuarinos. En general, la producción primaria de hojarasca tiende a disminuir desde el inicio hacia al final del monitoreo. Se distingue un patrón cíclico con pulsos en la producción de flores y propágulos durante el verano-otoño (junio a noviembre) de cada año. Los manglares de borde son más productivos; latitudinalmente, son más productivos en las localidades del centro del estado (La Mancha y Sontecomapan) con relación a las del norte y sur.

Palabras clave: monitoreo a largo plazo, *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, salinidad, área basal, productividad.

³⁷⁴ Instituto de Ecología, A.C. Red de Ecología Funcional. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México





Introducción

El litoral del estado de Veracruz limita al este con el Golfo de México y cuenta con aproximadamente 750 km de largo y 1,166 km² de superficie de estuarios y lagunas costeras que representa el 7.4% de la superficie nacional (Castañeda y Contreras, 2001; Varona-Cordero *et al.*, 2014); presenta, en general, un clima cálido húmedo, con temperatura promedio de 22° a 26° C; y temperaturas mínimas en el mes de enero nunca por debajo de 14°C (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Por su forma alargada se presenta un gradiente latitudinal (aproximadamente 5° de latitud norte) que provoca que la porción sur reciba cerca de 4,000 mm de precipitación anual mientras que en la zona norte las lluvias alcancen valores inferiores a los 2,000 mm por año. Esto conlleva a que en el sur del estado aumente considerablemente la estructura y diversidad de los bosques de manglar. Además de lo anterior, factores como la orografía e hidrología influyen en la estructura de un manglar.

Los principales impactos que amenazan a los ecosistemas de manglar en el estado de Veracruz son: el avance de la mancha urbana, las actividades agropecuarias (potreros, cultivos de naranja y vainilla, invasión de especies exóticas, como los pastos “mejorados”, rellenos), de las actividades industriales, el uso de la madera para la construcción de artes de pesca (charangas para captura de camarón), en la industria de la construcción. Así también, los manglares son constantemente amenazados por la descarga de aguas residuales que los contaminan. También están amenazados por la industria petrolera en cuanto a sus descargas y derrames accidentales de hidrocarburos. Hay interrupción de flujos superficiales y subsuperficiales por la infraestructura de la industria del petróleo, construcción de caminos y terraplenes, desarrollos inmobiliarios y turísticos principalmente. Afectación en la hidrología por el azolve de los afluentes (López-Portillo *et al.*, 2011).

Se requieren programas de monitoreo de largo plazo para empezar a entender, cómo los patrones de estructura y función de los manglares, están fuertemente ligados a los gradientes que están controlados por la variabilidad ambiental. Esto contribuye al entendimiento fundamental de la dinámica natural del ecosistema o de la inducida por las actividades del hombre. Los estudios de largo plazo integran diferentes escalas espaciales, temporales y de organización biológica; aportan datos, información y conocimiento para la toma de decisiones enfocadas a propuestas de manejo adaptativo y restauración ecológica





de los ecosistemas de manglar, para un manejo sustentable de los recursos; así como en la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático (Dahdouh-Guebas y Koedam, 2008; Lindenmayer y Likens, 2009).

La presión sobre los manglares es grande, por lo que es necesario un esfuerzo interinstitucional para formar redes de monitoreo a largo plazo, en el que diferentes instituciones participantes se comprometan a seguir una serie de variables ambientales y de respuesta en un contexto geográfico amplio, que abarque al menos, las áreas representativas del litoral de la República Mexicana.

El presente trabajo es parte del proyecto del Programa Regional para la Caracterización y el Monitoreo de Ecosistemas de Manglar del Golfo de México y Caribe Mexicano: inicio de una red multistitucional. Veracruz financiado por la CONABIO, cuyo objetivo fue aportar información ecológica básica necesaria para la toma de decisiones y diseño de estrategias de acción, que promuevan el desarrollo sustentable de los ecosistemas de manglar, considerando las actividades turísticas, de acuicultura, pesca, conservación y restauración, según sea el caso.

Este programa tiene como objetivo monitorear los sitios de manglar, siguiendo los lineamientos de la Red Mexicana de Investigación a Largo Plazo, y que están acordes con los criterios de la CONABIO para evaluar los cambios estructurales y funcionales de estos ecosistemas.

Materiales y Métodos

Área de estudio. El estado de Veracruz cuenta con alrededor de 750 km de litoral costero y 1,166 km² de superficies estuarinas (Castañeda y Contreras, 2003). Se encuentra en el extremo oriental de México, en la entrante más occidental del Golfo de México, comprendido entre los 22° 30' y los 17° 15' de Latitud Norte, y los 93° 20' y 98 40' de Longitud Oeste. Los manglares en este litoral se distribuyen como fragmentos de tamaño variable, pero contenidos en alrededor de 30 sistemas asociados a lagunas costeras, estuarios y planicies de inundación que cubren 43,200 ha (Figura 1).



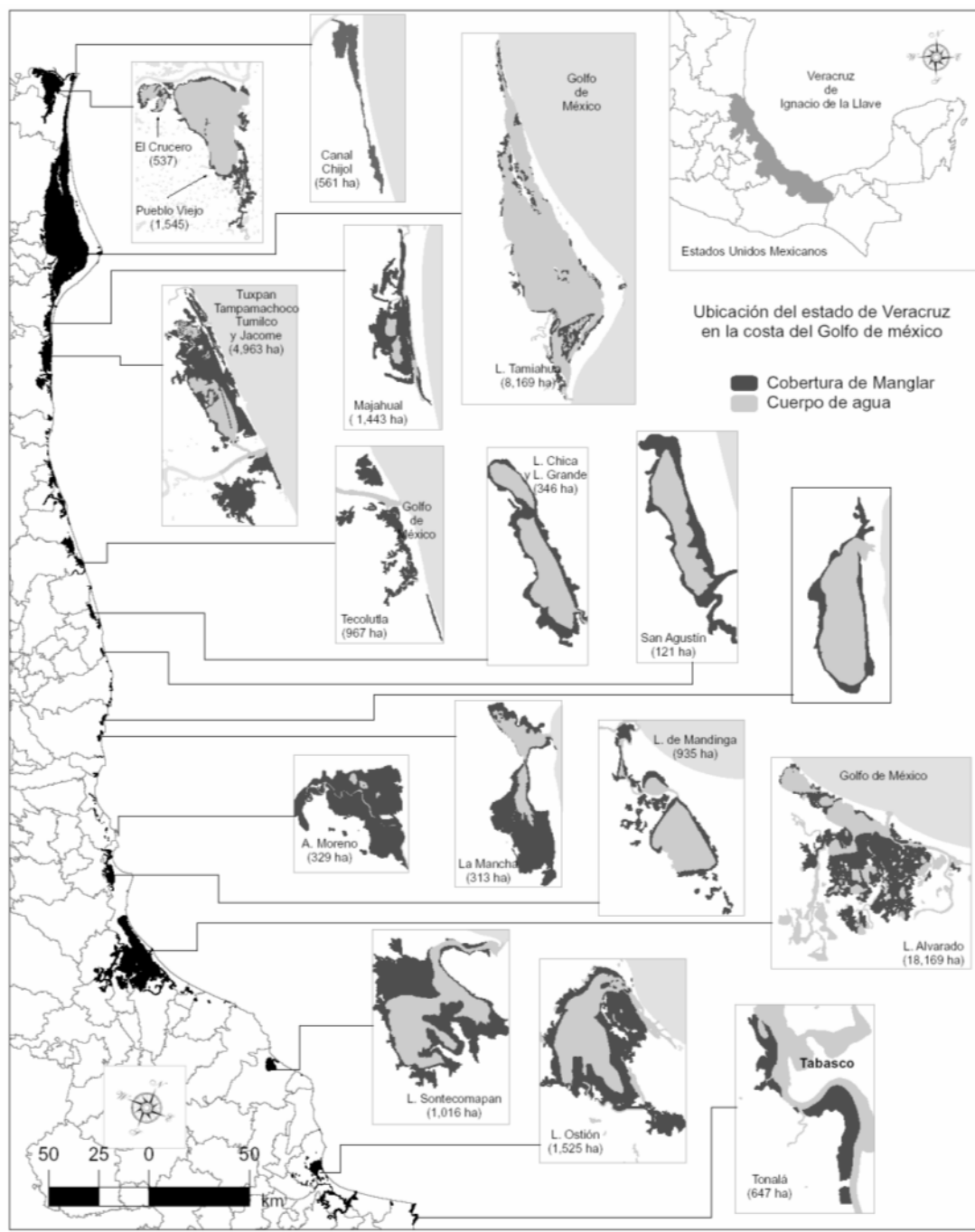


Figura 1. Localización de los manglares de mayor superficie en el estado de Veracruz. La superficie que cubre el manglar aparece en color más oscuro y el área que abarcan, en hectáreas, aparece entre paréntesis para cada sistema (López-Portillo et al. 2011).

De estos fragmentos se seleccionaron, para el presente estudio, ocho localidades que representan las áreas con mayor cobertura de manglar (Lagunas de Alvarado, Pueblo Viejo y Tamiahua, y el estuario del Río Tuxpan), con una cobertura intermedia (Lagunas del Ostión,



Sontecomapan y Mandinga), con cobertura pequeña Tecolutla-Nautla y la Mancha-El Llano (López-Portillo *et al.*, 2011).

Las variables que se presentan, se fundamentan en la descripción de los gradientes en los recursos reguladores e hidropereodo que controlan la estructura y función de los ecosistemas de manglar.

Recursos del suelo: se colectaron muestras de sedimentos en cada sitio y localidad mediante el uso de tubos de PVC sanitario reforzado de 4 pulgadas de diámetro y 40 cm de largo que se introdujeron en los suelos de estudio hasta 30 cm de profundidad usando un mazo de goma de 4 libras de peso. Una vez extraído el tubo con la muestra fue llevado al laboratorio, donde por medio de una cortadora de disco, se seccionó longitudinalmente en el lado opuesto el tubo para acceder a la muestra de suelo. A cada muestra se hizo una descripción del suelo, se le determinó la densidad aparente, nitrógeno total, fósforo total, pH, materia orgánica, carbono total. No obstante que estos resultados no se consideran dentro del documento, son parámetros importantes que se sugiere se tomen en consideración en los programas de monitoreo de largo plazo.

Reguladores ambientales del manglar: para obtener el agua intersticial, se instalaron 3 piezómetros contruidos con tubos de PVC de 3 m de largo y ranurados 2 m que van enterrados en el suelo. Mensualmente se midió: salinidad, temperatura, pH y redox: a diferentes profundidades dentro del piezómetro (agua intersticial de superficie y fondo), agua de inundación y agua intersticial al nivel de las raíces a 30 cm de profundidad, realizando la lectura con una sonda multiparamétrica MYRON 6F.

Caracterización de la vegetación: se seleccionaron ocho localidades a lo largo de la zona costera del Estado de Veracruz, para cada localidad hay dos sitios de estudio y en cada sitio hay dos parcelas, una por tipo fisonómico: “borde”, con dominancia de *Rhizophora mangle* y planicie lodosa o “interno” o de cuenca, con dominancia de *Avicennia germinans*. En total, se monitorean 33 parcelas; en el sitio El Llano sólo se tiene acceso a la parcela del manglar interno, ya que el manglar de borde con dominancia de *Rhizophora mangle* el acceso está restringido o bien se encuentra invadido por asentamientos humanos irregulares. En cada una de las 33 parcelas de 20 m x 20 m, se incluye una parcela de 10 m x 10 m que se implementó en la primera etapa del proyecto monitoreando los individuos adultos (Figura 2).





La parcela de 20 m x 20 m constituye la unidad de muestreo donde se caracteriza la estructura de la vegetación (especie, DAP, altura) en dos ocasiones (2013 y 2016); en este documento sólo se muestran resultados estimados con estas mediciones de área basal y densidad de las especies. Dentro de esta parcela, se encuentra otra de 10 m x 10 m, donde se asocian los piezómetros, trampas de hojarasca, trampas de raíces y donde se obtuvo la muestra de suelo para las determinaciones químicas. Por otro lado, en las parcelas de repetición, únicamente se caracterizó la estructura de la vegetación.

Para determinar los atributos estructurales del manglar se siguieron los criterios sugeridos por Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984), como son: diámetro a la altura de pecho (DAP), área basal, altura, densidad, índice de complejidad, y adicionales como índice de valor de importancia, frecuencia de tallas y regeneración potencial.

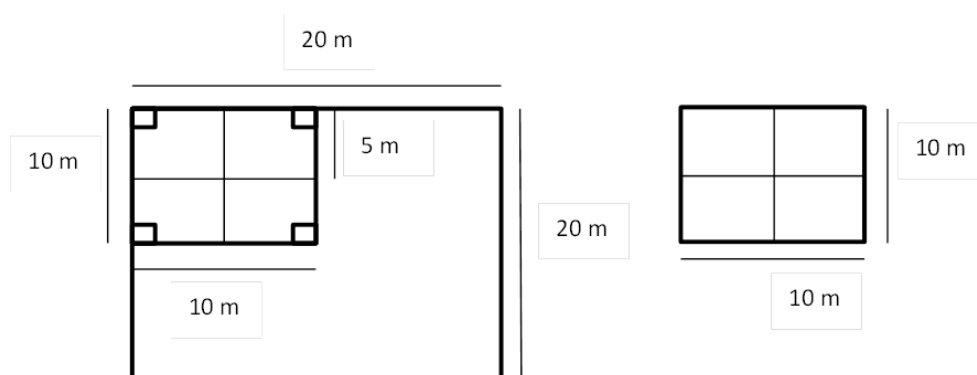


Figura 2. Diseño de parcelas de 20 m x 20 m que constituye la unidad de muestreo se realizó la caracterización de la estructura de la vegetación al inicio y otra al final del proyecto. Dentro de esta, se incluye a la parcela de 10 m x 10 m que se implementó en la primera etapa y donde se han monitoreado adultos, juveniles (parcela de 5x5 m) y plántulas (parcela de 1x1 m). La segunda parcela de 10 m x 10 m a la derecha es una repetición de la que está inserta en la parcela de 20 m x 20 m.

Productividad del bosque. La productividad del bosque se evaluó a través de la biomasa producida por especie, en las diferentes partes de los árboles. Mensualmente se ha medido la caída de hojarasca colectada a través de las trampas instaladas en todas las localidades desde 2009 a 2016.





Resultados y Discusión

En el presente trabajo se presenta una parte de los resultados que este proyecto ha generado. Se describe: a) la salinidad como regulador del sistema de cada localidad, b) parámetros ambientales, como la estructura del manglar, el área basal y la densidad y c) como parámetro funcional a la productividad anual de hojarasca.

Reguladores del manglar

Salinidad. La salinidad intersticial máxima fue de 84 ups en el manglar interno de la localidad de Laguna del Ostión y la menor de 0.6 ups en los manglares de borde de la Laguna de Alvarado. Los manglares internos o de cuenca registran los valores más altos de salinidad y con mayor variación en relación con los manglares de borde. Mientras que los valores de salinidad más bajos se relacionan con los manglares de borde, tanto de las localidades del norte como del sur del estado. En general, existe una tendencia a incrementar los valores de salinidad durante la época de secas (febrero – mayo) descendiendo en la época de lluvias o asociados a los escurrimientos de la cuenca alta (julio – agosto).

Los valores mínimos de salinidad, menos de 40 ups, se registraron tanto en el manglar de borde como en el interno en Tecolutla, Mandinga Chica, Alvarado (Laguna Baja y Boca de Acula), Cacahuatate y Huazuntlán. Salinidades de más de 40 y menos de 60 ups como valor máximo, en Pueblo Viejo, Tamiahua, Tumilco, Tampamachoco, Nautla, Mandinga Grande y Metzapan. Los valores máximos de salinidad mayores a 60 ups se registraron en El Llano, La mancha y Costa Norte en Sontecomapan.

La salinidad intersticial de los **manglares internos**, que están por debajo de los 30 ups, indica aportes de agua dulce como es el caso de Tecolutla, Alvarado y Sontecomapan; mientras que las salinidades por arriba de 40 ups indican intrusión salina o salinización, como es el caso de Tamiahua, Tuxpan, y La Mancha. Las localidades de Mandinga y el Ostión presentaron valores intermedios a los anteriormente discutidos. Sin embargo, durante la temporada de huracanes, en 2010, con abundante precipitación disminuyó la salinidad intersticial en los **manglares internos** de todas las localidades del sur, quedando por debajo de los 30 ups.





En los **manglares de borde** las localidades con valores de menos de 30 ups son Tecolutla, Alvarado Sontecomapan y mayores a 40 ups, sólo Tamiahua y Tuxpan. Similar al manglar de borde, La Mancha, Mandinga y el Ostión registraron valores intermedios entre estos dos valores. En el manglar de esta geofoma también se observa una disminución de la salinidad intersticial después de la temporada de huracanes de 2010.

Parámetros ambientales

Caracterización de la vegetación. Para todas las localidades a) En 2013, se marcaron 3,189 árboles, entre juveniles y adultos, y b) En 2016 se midieron 2,567. El 52% de estos individuos marcados son de *Avicennia germinans*; 35% de *Rhizophora mangle* y 13% de *Laguncularia racemosa*. La diferencia entre 2013 y 2016 es de 622 individuos menos, de éstos, el 72% correspondieron a juveniles.

Área Basal. Los valores más altos, en el manglar interno, correspondieron al mangle negro, *Avicennia germinans*, especie que domina en la mayoría de los sitios; su área basal es de 41.13 m²/ha en Tumilco y de 33.69 m²/ha en Tamiahua, ambos en manglar interno; mientras que en Metzapan el área basal del manglar de borde fue de 34.32 m²/ha.

El mangle rojo, *Rhizophora mangle*, por el contrario, presenta la mayor área basal en los manglares de borde y con los valores más altos en las localidades del sur del estado. En las localidades de Sontecomapan, esto es Cacahuate con un valor de 22.09 m²/ha y 21.09 m²/ha en Costa Norte, seguida de Tecolutla con 19.41 m²/ha.

El mangle blanco, *Laguncularia racemosa* es escaso en los manglares internos y de borde, con valores altos en Tecolutla (32.93 m²/ha), al norte del estado; seguido de Costa Norte, al sur estado, con un área basal promedio de 27.55 m²/ha. Esta especie también tiene valores altos en el manglar de borde en Costa Norte (23.27 m²/ha y 31.73 m²/ha, en 2013 y 2016, respectivamente).

Las diferencias que existen entre la caracterización de la estructura, entre los censos, se atribuyen a la pérdida de árboles con placa, que no se encontraron en el segundo censo. En 2013, el área basal total del **manglar interno** fue de 7.75 y 53.82 m²/ha, para Metzapan y Cacahuate, respectivamente; ambos en la zona sur. Mientras que en 2016 para estas mismas localidades fue de 35.41 m²/ha y 55.59 m²/ha, respectivamente. Mientras que, en Tampamachoco (al norte del estado) en 2016 registra la menor área basal con 11.06 m²/ha,





y en 2013 había registrado 26.06 m²/ha. En el **manglar de borde** en Tumulco, el área basal fluctuó fue de 10.48 m²/ha (2013) a 9.08 m²/ha (2016). En 2013, Costa Norte registra la máxima área basal de 37.55 m²/ha y también en 2016, con 52.82 m²/ha. En 2016 la menor área basal se registró en Boca de Júpiter con 7.78 m²/ha, pero en 2013 este mismo sitio registró 19.22 m²/ha. En general, en el manglar de borde el área basal es menor, en relación con el manglar interno y no se observa un patrón claro en función a la latitud, para ambas geoformas. La diferencia entre el área basal total al inicio (2013) y al final (2016), se atribuye a la pérdida de árboles adultos, que en general va de 1 a 87 individuos con placa, que no se encontraron en el segundo censo.

Densidad en el manglar interno. En el primer censo, la densidad del manglar interno de *A. germinans*, osciló desde 175 individuos/ha en La Mancha a 3,300 individuos/ha en Tampamachoco. Para *R. mangle* varió entre 50 ind/ha en Mandinga Chica a 700 ind/ha para Nautla. Finalmente, para *L. racemosa* osciló entre 25 ind/ha (Mandinga Chica y Metzapan) y 1800 ind/ha en Tecolutla. En el censo de 2016, para este tipo de manglar, la densidad se mantuvo sin cambio aparente, con 150 ind/ha en La Mancha de mangle negro a 3,275 ind/ha en Mandinga Chica; el mangle rojo va 50 ind/ha en Tampamachoco y Mandinga Chica a 875 ind/ha en Nautla y el mangle blanco de 25 (Mandinga Chica, Laguna Baja y Metzapan) a 1,825 individuos/ha (Tecolutla). En este tipo de manglar, no se observa una tendencia definida presentándose densidades altas en la zona norte, centro y sur del estado para *A. germinans*, al norte para *R. mangle*, y al norte y centro del estado para *L. racemosa*.

Densidad en el manglar de borde. El primer censo, en el manglar de borde, se registraron densidades de *A. germinans*, de 50 y 3,600 ind/ha para Cacahuate y Metzapan, respectivamente; de *R. mangle* entre 125 (Laguna Baja) y 2000 ind/ha (Tampamachoco), y de *L. racemosa* de 25 ind/ha en La Mancha y 925 ind/ha en Metzapan. En 2016, en general, se mantienen estos valores de densidad para *A. germinans*, fluctuando de 50 (Tecolutla y Cacahuate) a 3675 ind/ha (Metzapan); para *R. mangle* de 175 a 2,350 ind/ha en Laguna Baja y Tampamachoco, respectivamente, y para *L. racemosa* de 25 ind/ha (La Mancha) a 975 ind/ha (Metzapan; Figura 30). Tanto para el manglar negro como el manglar rojo se observa una tendencia a presentar mayor densidad de ind/ha en las localidades ubicadas en el centro del estado, mientras que el mangle blanco su mayor abundancia se registra hacia el sur.





En ambas geoformas, en general, el mangle negro registra mayor abundancia en las dos caracterizaciones, siendo la más alta densidad en Metzapan (3,600 ind/ha) en el manglar de borde durante 2016. Estos sitios tienen numerosos individuos, posiblemente debido a alguna alteración previa, por un evento natural o inducido.

Parámetros funcionales

Productividad primaria. En la sección norte (desde Tamiahua hasta La Mancha-El Llano) se cuenta con ocho años de datos de hojarasca (enero de 2009 a diciembre de 2016). En la sección sur la primera colecta se inicia en junio de 2009 (lagunas El Ostión y Sontecomapan); en agosto de 2009, en el sistema lagunar de Alvarado y, en septiembre 2009, en la laguna de Mandinga; dicha colecta se ha mantenido desde entonces. La producción primaria, en general, presenta la mayor productividad en los manglares de borde tanto en el norte, como en el sur (Figura 3).

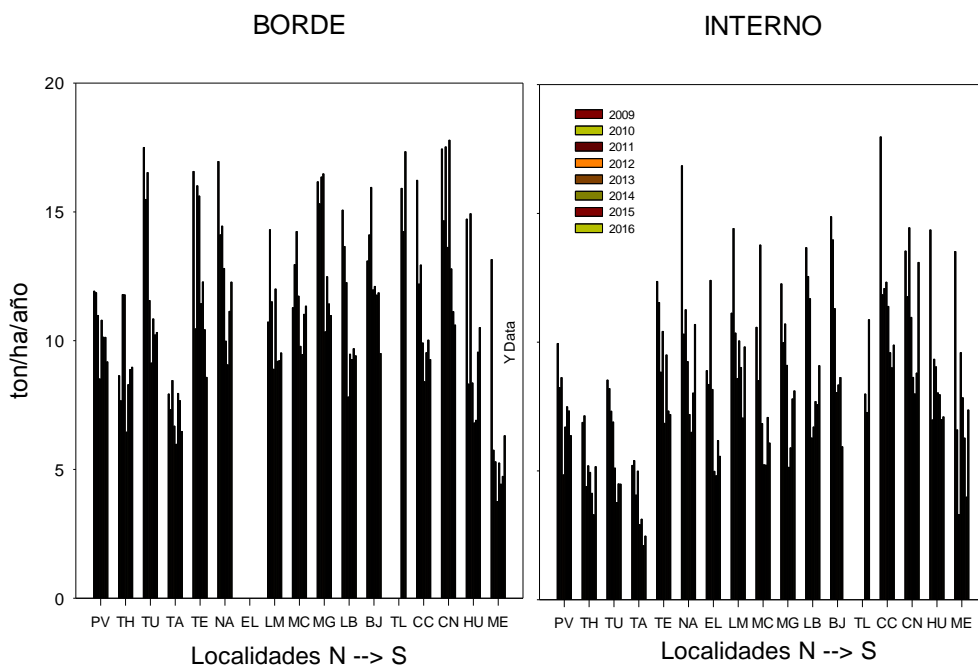


Figura 3. Productividad primaria total (ton/ha/año) de las tres especies de mangle (*Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*) durante los ocho años de monitoreo (2009 a 2016). PV = Pueblo Viejo, TH = Tamiahua, TM = Tumulco, TA = Tampamachoco, TE = Tecolutla, NA = Nautla, EL = El Llano, LM= La Mancha, MC = Mandinga Chica, MG = Mandinga Grande, LB = Laguna Baja, BJ = Boca de Júpiter, LS = Socorro, CC = Cacahuate, CN = Costa Norte, HU = Huazuntlán, ME = Metzapan.





Las hojas son el componente principal de aporte, seguido de flores y propágulos y se aprecia un patrón cíclico con pulsos en la producción de flores y propágulos durante el verano-otoño (junio a noviembre) de cada año. En los manglares de borde, la mayor producción primaria se registró en Huazuntlán (Laguna del Ostión) con 41.98 ton/ha/año, que coincide con la máxima cantidad de ramas en 2011. Le siguen, Costa Norte (Laguna de Sontecomapan) en 2013, con 17.78 ton/ha/año; mientras que Tlacotalpan (Laguna de Alvarado) registró la máxima productividad de 2013, 2014 y 2015, con 15.91, 14.24 y 17.34 ton/ha/año, respectivamente. En contraste, el manglar interno, en el sitio Laguna Baja (Laguna de Alvarado) registra la mayor productividad primaria (20.22 ton/ha/año) en 2009, le sigue Costa Norte (Laguna de Sontecomapan) donde se registran los máximos en 2011 (18.04 ton/ha/año), 2012 (12.33 ton/ha/año), 2014 (9.59 ton/ha/año) y 2015 (9.00 ton/ha/año) lo que es una tendencia a la disminución, con una recuperación en 2016, al registrar una productividad de 9.88 ton/ha/año.

Conclusiones

Los estudios de monitoreo de largo plazo permiten detectar las tendencias de los ecosistemas como respuesta a las variaciones naturales o inducidas por las actividades antrópicas.

El seguimiento de variables críticas a diferentes escalas espacio-temporales, permiten orientar las acciones de mantenimiento o mejora de la salud de los manglares en el Estado de Veracruz, desde la información de línea de base de caracterización y su monitoreo.

La información generada en el ecosistema y el tipo e intensidad de las actividades de los usuarios, las acciones y políticas de autoridades, instituciones y grupos organizados, llevarán hacia la conservación de los manglares en buen estado y planteará las necesidades de restauración de los que están degradados, o que con el tiempo se verán amenazados.

Debe establecerse una estrategia de manejo adaptativo a corto, mediano y largo plazo, que incluya la caracterización, el diagnóstico, la evaluación de indicadores, la integración de una base de datos y un instrumento de seguimiento de la condición ecológica de los manglares en Veracruz.





Agradecimientos

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) que está apoyado intensamente la investigación y seguimiento de la estructura y función de los manglares en el Estado de Veracruz (Proyectos FN007, HH025, KN002 y MN001). Al Grupo Manglares del Instituto de Ecología A.C. (Moisés Rivera Rodríguez, Mauricio Hernández Sánchez, Ma. del Carmen Martínez García, Víctor Vásquez, León Gómez Aguilar, Olga Bartolo, Cynthia Ureña, Ángel Zaragoza, Isis lo Velez, Luz Lechuga, Eduardo Sáinz Hernández, Rosa Iris Galán Breth y muchos otros estudiantes que han colaborado).

Literatura citada

- Castañeda, L. O. y F. Contreras E. 2001. Serie bibliográfica comentada sobre ecosistemas costeros mexicanos. México: UAMI- CEDELM.
- Castañeda, O. y F. Contreras E. 2003. Ecosistemas costeros mexicanos una actualización, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa [<http://investigacion.izt.uam.mx/ocl/mapa.html>] consultado el 13 de septiembre de 2018.
- Cintron G. and Y. Schaeffer-Novelli. 1984. Methods for studying mangrove structure. 91- 113 pp. *In*: Snedaker, S. y J. Snedaker (Eds.) The Mangrove ecosystem: research methods. Unesco/SCOR. Working Group 60 on Mangrove Ecology.
- Dahdouh-Guebas, F., and N. Koedam. 2008. Long-term retrospection on mangrove development using transdisciplinary approaches: A review. *Aquatic Botany*, 89 (2):80–92.
- Lindenmayer, D. B. and G. E. Likens. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution*, 24 (9): 482–86.
- López-Portillo, J. y E. Ezcurra, 2002. Los manglares de México: Una revisión. *Madera y Bosques*, (Núm. Esp.) 27-51.





- López-Portillo, J., M. L. Martínez, P. Hesp, J. R. Hernández, A. P. Méndez, V. Vásquez, L. R. Gómez, O. Jiménez y S. Gachuz. 2011. Atlas de las Costas de Veracruz: Manglares y Dunas. Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana. 249 p.
- Varona-Cordero, F., F. J., Gutiérrez-Mendieta and V. H. Rivera-Monroy. 2014. In situ response of phytoplankton to nutrient additions in a tropical coastal lagoon (La Mancha, Veracruz, Mexico). *Estuaries and Coasts* 37: 1353-1375





ALMACENES DE CARBONO Y FLUJOS DE METANO EN MANGLARES CON DIFERENTE TIPO DE VEGETACIÓN EN EL ESTADO DE VERACRUZ

María Elizabeth Hernández Alarcón^{375*} y Diego A. Junca³⁷⁶

Resumen

Los manglares son un tipo de humedal costero que proveen importantes servicios ambientales, entre ellos la captura de carbono, ya que la descomposición de materia orgánica en los suelos inundados es lenta. La inundación causa condiciones anaeróbicas en los suelos que favorece la producción y emisión de metano. En los manglares de México, existen pocos datos sobre los almacenes de carbono y los flujos de metano. El objetivo de este trabajo fue investigar los almacenes de carbono en el suelo, biomasa aérea y raíces, así como los flujos de metano en manglares con diferente tipo de vegetación. Se estudiaron los ecosistemas con mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y un manglar mixto, con las tres especies. El carbono en el suelo fue el principal almacén para los cuatro tipos de manglar. Los manglares rojo y negro presentaron los más altos almacenes de carbono en la biomasa aérea (80-90 Mg C ha⁻¹). El manglar rojo también fue el que almacenó más carbono en raíces y sus suelos fueron los que presentaron el más alto contenido de carbono orgánico. También fue en el manglar rojo donde se observaron los más altos flujos de metano (3-21 mg m⁻²min⁻¹), los cuales fueron 100 veces mayores a las de los otros tres sitios. El manglar rojo estudiado presentó niveles de inundación permanentes y con menos agua salina que los otros tres sitios estudiados, lo cual explica las más altas emisiones de metano. Se concluye que la cantidad y calidad del agua son un factor importante para las emisiones de metano en los manglares. Las concentraciones mayores de carbono se presentaron en: a) mangle rojo y blanco (suelo), b) mangle rojo y negro (biomasa aérea) y c) mangle negro (raíces).

³⁷⁵ Red de Manejo Biotecnológico de Recursos. Instituto de Ecología AC. Xalapa, Ver.

*elizabeth.hernandez@inecol.mx

³⁷⁶ Facultad de Biología, Universidad del Bosque, Bogotá Colombia.





Palabras clave: gases de efecto invernadero, captura de carbono, humedales

Introducción

El manglar es un tipo de ecosistema que ocupa la zona intermareal cercana a las desembocaduras de cursos de agua dulce de las costas de latitudes tropicales de la Tierra. Se encuentran en hábitats de condiciones especiales, tales como suelos desde limosos hasta arenosos, inestables y con baja concentración de oxígeno, en ambientes salinos y salobres (Pennington y Sarukhán, 2005). Entre las áreas con manglares, se incluyen estuarios, lagunas y zonas costeras correspondiendo al ecotono entre los ambientes marino y terrestre; se componen por árboles o arbustos que se establecen a diferentes salinidades que van desde 0 ups (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (más de 40 y hasta 90 ups), alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres. El ecosistema de manglar posee adaptaciones y características tales como la presencia de neumatóforos, que son extensiones de la raíz que se desarrollan sobre el suelo, en forma ascendente o como apéndices de raíces subterráneas, con geotropismo negativo; también sus raíces aéreas se relacionan con la oxigenación, exclusión de sal y soporte de los individuos (Jiménez, 1994). México ocupa el cuarto lugar de importancia mundial por la cobertura de sus manglares. Estudios en manglares, de otras partes del mundo, han destacado su importante papel en el ciclo del carbono, principalmente como almacenes de carbono orgánico. Sin embargo, la información que existe en México, sobre el almacenamiento de carbono en este tipo de humedales, es muy escasa, pues pocas son las regiones que cuentan con suficiente información al respecto; entre ellas, la Península de Yucatán; y, aún es más escasa la información existente en el país, con relación a los flujos de carbono en los manglares (Herrera Silveira *et al.*, 2016). De lo anterior, surge la pertinencia de este estudio, que tuvo por objetivo investigar los almacenes de carbono en suelo, biomasa aérea y subterránea en manglares de Veracruz, con diferente tipo de vegetación (manglar blanco, manglar rojo, manglar negro y una mezcla de éstos), y determinar los flujos de carbono, como emisiones de metano.





Materiales y Métodos

Área de estudio

Este estudio se realizó en cuatro tipos de manglares ubicados en tres lagunas costeras de la planicie costera del Estado de Veracruz, México, que se ubica en el Golfo de México.

Laguna Boquilla de oro: Está localizada en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, en la parte central del Golfo de México, dentro del estado de Veracruz en los 19°49'40.2''N de latitud norte y a los 96°26'52.1'' de longitud oeste. Esta laguna presenta individuos de manglar de la especie *Rhizophora mangle* el cual representa una gran extensión alrededor de la laguna con buen estado de conservación y desarrollo, debido a que no está expuesto a altas concentraciones de salinidad, por carecer de una conectividad constante con el mar, y por su lejanía de los principales centros poblados

Laguna Boca Andrea: Está localizada en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, en la parte central del Golfo de México, dentro del estado de Veracruz en los 19°45'0,5.9''N de latitud norte y a los 96°24'53.7'' de longitud oeste. La laguna de Boca Andrea presenta un ecosistema de manglar con vegetación de las especies *R. mangle*, *A. germinans* y, en su mayoría, de *L. racemosa*; este último, se desarrolla en áreas de la marisma, donde se ha presentado la mayor sedimentación y menor influencia de mareas, formando suelos profundos de turbera.

Laguna La Mancha: Esta localizada en el municipio de Actopan, en la parte central del Golfo de México, en el estado de Veracruz en los 19° 34' y 19° 42' de latitud norte y a los 96° 27' de longitud oeste, presenta una extensión total de 192 Ha. La laguna se caracteriza por presentar un buen estado de conservación, principalmente en ecosistemas de manglar, con bosques compuestos de individuos de las especies *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.

Monitoreo

Se establecieron parcelas de monitoreo en las tres lagunas donde la vegetación, de norte a sur, fue la siguiente: (A) Boquilla de oro (*R. mangle*), (B) Boca Andrea (*L. racemosa*) y La Mancha, un primer punto (C) con *A. germinans* y otro punto (D), con la presencia de las tres especies (Manglar mixto – *L. racemosa*, *R. mangle*, *A. germinans*) (Figura 1).



Medición de carbono. Los flujos de CH₄ se midieron cada mes, desde enero a junio de 2018, utilizando la técnica de cámara cerrada (Hernández y Mitsch, 2006; Marín-Muñiz *et al.*, 2014, Hernández *et al.*, 2015)

Almacenes de carbono en Biomasa aérea y raíces

Para la tipificación de las características estructurales de los manglares se realizó un pre-muestreo, estableciendo tres parcelas cuadradas de 10 m x 10 m, dentro del área núcleo, donde se encontraba cada cámara, por cada uno de los tipos de manglar. De esta manera, se realizaron un total de 12 parcelas temporales: seis para La Mancha, tres para Boquilla de Oro y tres para Boca Andrea. En cada parcela se midió el diámetro de los árboles a la altura del pecho (DAP, medido a 1.3 m sobre el suelo para *A. germinans* y *L. racemosa* y, por encima de la última raíz, para *R. mangle*). La biomasa aérea de cada árbol registrado se estima a partir de ecuaciones alométricas (Adame *et al.*, 2015). Las raíces se colectaron con tubos de PVC, a 30 cm de profundidad; en el laboratorio, se sacaron los núcleos de suelo y raíz y se lavaron hasta remover por completo el suelo, las raíces limpias se secaron a 105 °C hasta peso constante y se obtuvo su rendimiento de acuerdo con el área del tubo de PVC.

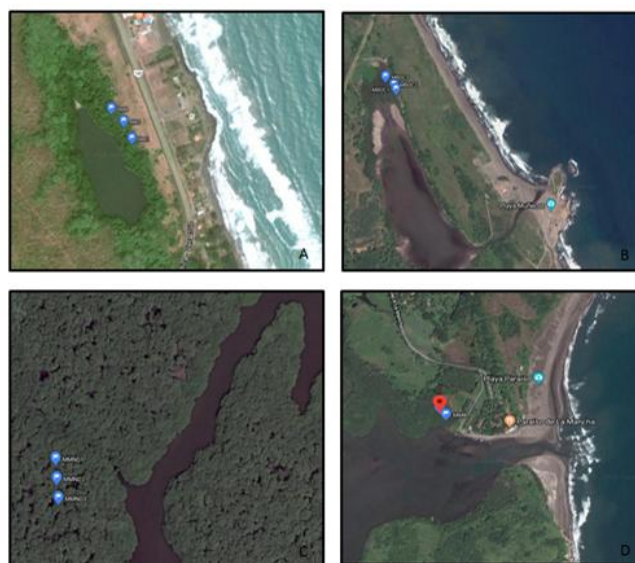


Figura 1. Estaciones de muestreo, según su posición geográfica: (A) Boquilla de Oro (*Rhizophora mangle*), (B) Boca Andrea (*Laguncularia racemosa*), (C) La Mancha (*Avicennia germinans*), (D) Manglar mixto (*L. racemosa*, *R. mangle*, *A. germinans*).



Almacenes de carbono en suelo

El almacén de carbono en los suelos de los manglares se estimó como la cantidad de C acumulada en el perfil del suelo. Las muestras fueron tomadas según el protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares, para suelos (Kauffman *et al.*, 2012). Se tomaron 12 muestras cada una con sus réplicas para cada una de las parcelas estaciones, después del muestreo de gas, para hacer un total de 24 muestras. El muestreo se realizó, insertando un nucleador de turba tipo ruso a diferentes profundidades, esto varió según el tipo de suelo en cada sitio. La muestra se seccionó de 10 en 10 cm, y se almacenó en una bolsa plástica para ser llevada al laboratorio. En fase de laboratorio se extendieron los suelos en bandejas de unicel de 10 x 10 cm, se dejaron secar durante 48 horas, posteriormente se molieron en un tamiz para obtener la mayor cantidad de muestra particulada. Se procedió a analizar el porcentaje de carbono a través de la determinación de materia orgánica, por el método de pérdida a la ignición. El almacén de carbono en el suelo se calculó de acuerdo con Marín-Muñiz *et al.* (2014).

Resultados y discusión

Almacenes de carbono

El almacén de carbono más alto se encontró en el suelo, seguido por la biomasa aérea y, al final, el carbono en las raíces, para los cuatro tipos de manglar (Figura 2).

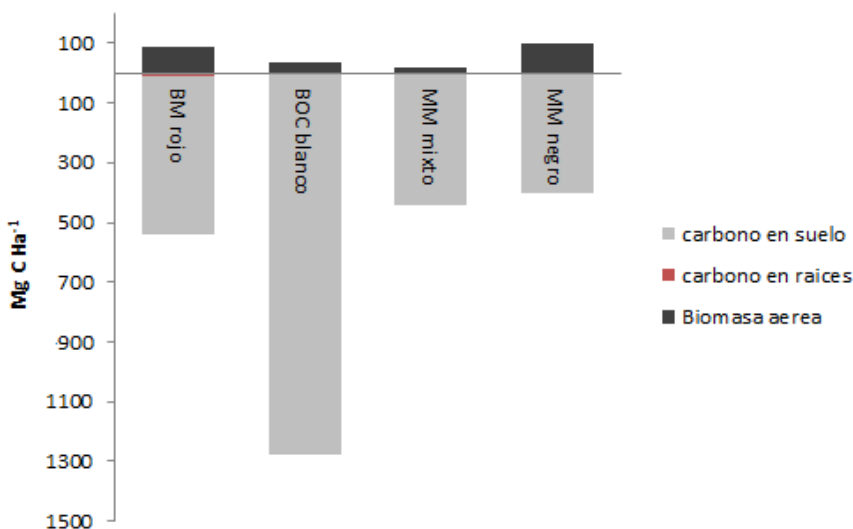


Figura 2. Almacenes de carbono en suelo, raíces y biomasa aérea en cuatro tipos de manglares en la zona centro de Veracruz.





En el suelo. Para los sitios de Boquilla de Oro y La Mancha, el carbono contenido en los suelos osciló entre 350 y 550 mg C ha⁻¹. Para Boca Andrea se obtuvo un almacén de carbono muy alto, de aproximadamente 1300 mg C ha⁻¹. Sin embargo, la concentración de carbono orgánico en el suelo (Figura 3), resultó alta sólo en los suelos de Boquilla de Oro. En Boca Andrea fue muy bajo; en este sitio el suelo es arenoso y mostró densidades aparentes mayores a 1, por lo que al hacer los cálculos de densidad de carbono arrojó números muy altos.

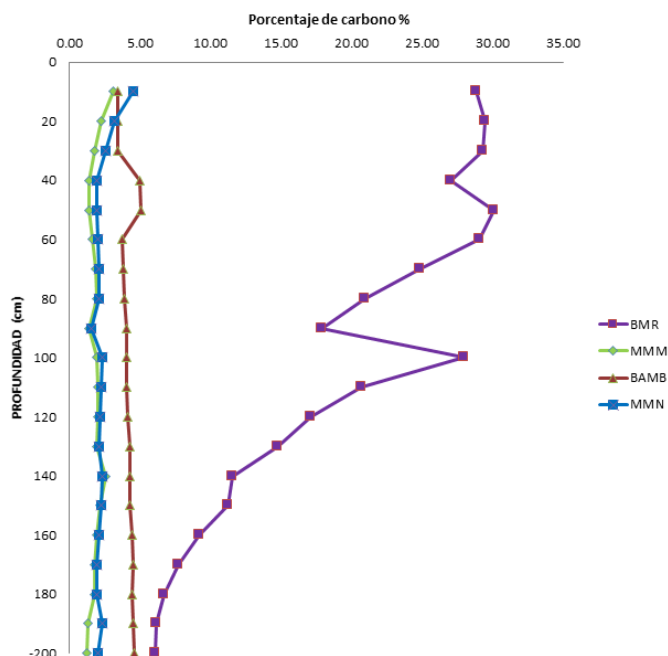


Figura 3. Concentraciones de carbono en los suelos de los diferentes tipos de manglares estudiados (BMR: Boquilla Manglar Rojo; MMM: Mancha Manglar Mixto, BAMB: Boca Andrea Manglar Blanco; MMN: Mancha Manglar Negro)

En la biomasa aérea. En la parte aérea, fueron los manglares rojo y negro, quienes presentaron los valores más altos de almacenamiento de carbono; esto es debido a que los árboles fueron altos y gruesos en estos sitios; mientras que, en Boca Andrea, fueron menos gruesos y, en el manglar mixto de la Mancha, fueron de altura baja.

En la biomasa de raíz. En el manglar rojo, se encontró el mayor almacén de carbono en las raíces (7.23 Mg C ha⁻¹), seguidos por el manglar blanco y manglar mixto (3.24 y 3.78 Mg C ha⁻¹), el más bajo almacén de carbono en las raíces fue en el mangle negro (1.34 Mg C ha⁻¹).





Flujos de Metano

Se estudiaron los flujos de metano en los cuatro tipos de manglar (Figura 4), se encontraron las más altas emisiones para el manglar rojo en boquilla de Oro (BMR), siendo del orden de 100 veces mayores a la de los otros 3 sitios. En este sitio sólo en el mes de mayo fue cuando se observaron emisiones bajas con un repunte en el mes de junio. Para los manglares negro y blanco se observó un patrón similar con emisiones positivas de marzo a mayo y emisiones negativas en febrero y junio. Para el manglar mixto de la mancha, se observaron emisiones positivas a principio de año y fueron disminuyendo hasta ser negativas en el mes de junio. Nuestros valores de flujo de metano de varias órdenes de variación entre los sitios estudiados coinciden con lo reportado por Allen *et al.* (2007), quienes encontraron flujos de metano entre 0.003 microgramos a $17 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ en manglares de borde y tierra adentro en Australia.

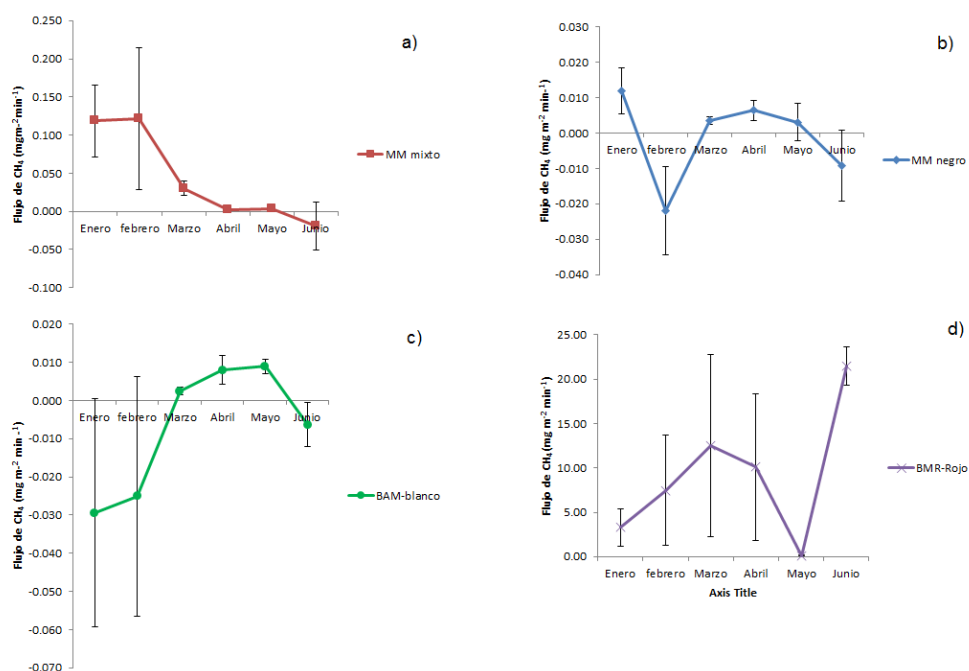


Figura 4. Flujos de metano en cuatro tipos de manglares en el Estado de Veracruz. a) Manglar mixto, b) Manglar negro, c) Manglar blanco y d) Manglar Rojo

Al parecer las altas emisiones en el manglar rojo de Boquilla pudieran estar ligadas al hidroperiodo (cantidad de agua), ya que estos sitios siempre se encontraron inundados con una columna de agua profunda (aproximadamente 50 cm) durante todos los meses de estudio (Figura 5).



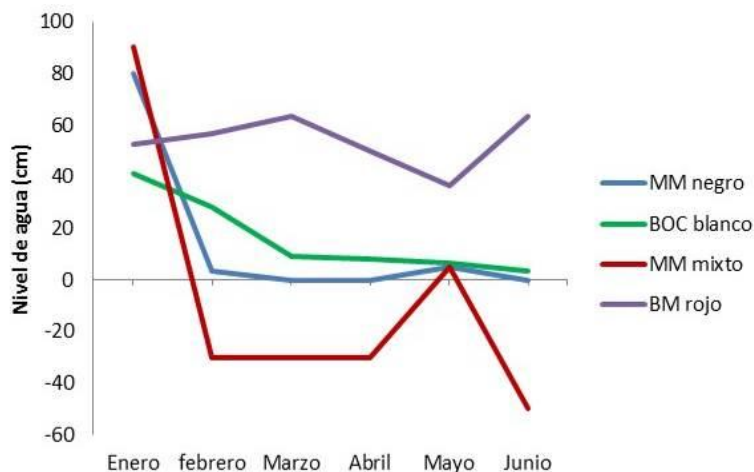


Figura 5. Nivel de agua en los cuatro tipos de manglares estudiados (BMR: Boquilla Manglar Rojo; MMM: Mancha Manglar Mixto; BAMB Boca Andrea Manglar Blanco; MMN: Mancha Manglar Negro)

Así mismo, la calidad de agua entre los sitios estudiados también varió entre los sitios (Figura 6) y esto pudo influir las emisiones de metano. La concentración de cloruros fue cerca de 100 veces más baja en Boquilla de Oro que en la de los otro sitios y las más altas concentraciones se observaron en el manglar mixto de la Mancha (Figura 6), Por el contrario, la concentración de nitratos fue más altas en Boquilla de Oro que en los demás sitios y la concentración de sulfatos fue baja en Boquilla de Oro, en Boca Andrea y en el manglar negro de la Mancha. Los sulfatos fueron bajos en Boquilla, Boca Andrea y el manglar negro de la Mancha y sólo en el manglar mixto de la Mancha fueron 1000 veces más altos. Esto es, Boquilla de Oro fue un sitio con agua menos salobre y con mayor nivel de inundación: dos condiciones reportadas como favorecedoras de la metanogénesis. Así mismo, en Boquilla de Oro se encontraron los suelos con mayor concentración de carbono orgánico, lo cual provee sustrato para la producción de metano. La baja concentración de sulfatos en Boca Andrea y el manglar negro de la Mancha, sugieren que en estos sitios los sulfatos están siendo utilizados como aceptor final de electrones, en lugar del carbono; lo cual pudiera explicar las bajas emisiones de metano en estos sitios.



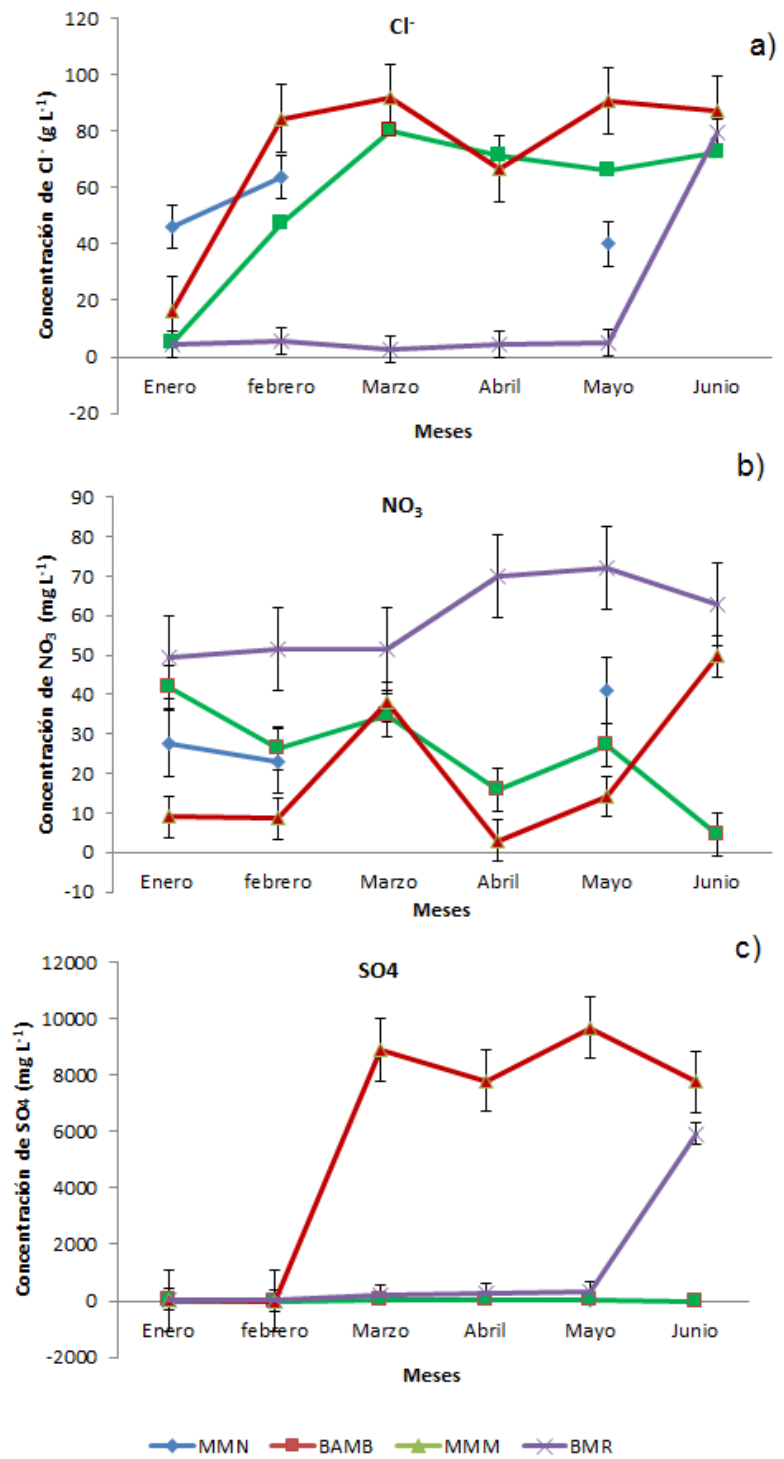


Figura 6. Calidad del agua en los cuatro tipos de manglares estudiados. (BMR: Boquilla Manglar Rojo; MMM: Mancha Manglar Mixto; BAMB: Boca Andrea Manglar Blanco; MMN: Mancha Manglar Negro)



Conclusiones

1. El mangle rojo y blanco presentaron los almacenes de carbono más altos en el suelo, mientras que en la biomasa aérea fueron el mangle rojo y negro y en las raíces, el mangle rojo.
2. El manglar rojo en Boquilla de Oro permaneció inundado durante todo el periodo de estudio. Además, este sitio presentó la más baja concentración de cloruros, indicando menor concentración de agua salina.
3. Los mayores flujos de metano se registraron en el manglar rojo de Boquilla de Oro debido a las condiciones reducidas que causa la inundación constante y la menor concentración del agua salina.

Agradecimientos

Financiamiento para este proyecto provino del fondo de Ciencia Básica CONACyT, a través del proyecto 258412

Literatura citada

- Adame, M. F., N. S. Santini, C. Tovilla, A. Vázquez-Lule, L. Castro and M. Guevara. 2015. Carbon stocks and soil sequestration rates of tropical riverine wetlands. *Biogeosciences* 12: 3805–3818.
- Allen D. E., R. C. Dalalb, H. Rennenbergc, R. L. Meyerd, S. Reevesa and S. Schmidta. 2007. Spatial and temporal variation of nitrous oxide and methane flux between subtropical mangrove sediments and the atmosphere. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 622–631
- Kauffman, B.J., Donato, D.C, and Adame, M.F. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests (Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares), Working paper 117, Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 37 pp.





- Hernández, M. E., J. L. Marín-Muñiz and P. Moreno-Casasola 2015. Comparing soil carbon pools and carbon gas fluxes in coastal forested wetlands and flooded grasslands in Veracruz, Mexico. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 11: 5-16.
- Hernández, M. E. and W. J. Mitsch. 2006. Influence of hydrologic pulses, flooding frequency, and vegetation on nitrous oxide emissions from created riparian marshes. Springer link. Volume 26, Issue 3, pp 862–877.
- Herrera Silveira, J. A., Camacho R, Pech E., Pech M., Ramírez J y Teutli, C. 2016. Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana* 34: 61-72.
- Marín-Muñiz, J. L, M. E. Hernández and P. Moreno-Casasola. 2014. Comparing soil carbon sequestration in coastal freshwater wetlands with various geomorphic features and plant communities in Veracruz, México. *Plant Soil*. 378: 189–203.
- Jiménez, J. A. 1994. Los mangles del Pacífico Centroamericano. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad. UNA. 336 p.
- Pennington, D y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3ª ed. UNAM Fondo de Cultura Económica. México D.F. 439 p.





RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE MANGLARES EN EL HUMEDAL DE ALVARADO, VERACRUZ

Ignacio Cuauhtémoc Sánchez Luna³⁷⁷ y Luisa de Jesús Tiburcio Palacios

Resumen

La restauración ecológica se realizó en el área de uso común del Ejido Moral y Mosquitero, perteneciente al Municipio de Alvarado, Ver. Para ello, se siguieron dos líneas de acción: la primera consistió en suspender la práctica cultural agrícola para actividades pecuarias, denominada regionalmente como “roza, tumba y quema” y, la segunda, en establecer especies nativas.

El cambio de la vegetación, de estructura mediana a especies de porte alto, se inició con la exclusión de la quema de los espartales (*Spartina spartinae*), así como su eliminación de raíz, en áreas en forma de callejones. Esta práctica favoreció la regeneración natural del mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), pues es su hábitat natural y, durante el tiempo de producción de semilla, existieron las condiciones idóneas para su germinación y buen desarrollo de la planta.

Para desarrollar la segunda acción o reforestación propiamente dicha, se utilizó planta procedente de la UMA “La Flor de Mangle” de la especie mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Previamente a su plantación, se llevaron acciones de preparación del terreno como lo fueron chapeo con tractor, eliminación manual de especies competidoras y trazo de la plantación, para posteriormente plantar las especies ya citadas.

También se construyeron canales, los cuales tuvieron dos objetivos principales: que la semilla de los árboles de las zonas boscosas se trasladara, ayudada por los escurrimientos de agua en dichos canales, al sitio de restauración y, el segundo, favorecer y aumentar la humedad a las zonas reforestadas; esto dio como resultado la regeneración natural y el incremento de individuos por hectárea.

³⁷⁷ Ing. Agrónomo, técnico-asesor. ecomangle_ac@hotmail.com





Palabras clave: *Conocarpus erectus*, *regeneración natural*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*,

Introducción

En México, los manglares se distribuyen a lo largo de las costas del Océano Pacífico, Golfo de México y el Mar Caribe, en diecisiete entidades federativas. Según estimaciones de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), los manglares en México ocupan alrededor de 9,140 km² (FAO, 2005). Sin embargo, existe una amplia discrepancia sobre las estimaciones de su extensión.

A pesar de su importancia ecológica, económica y social, la extensión mundial de los manglares, durante las últimas dos décadas del siglo pasado, se redujo su extensión en un 35%; gran parte de esta deforestación se ha asociado con el impacto directo de actividades económicas como camaronicultura y el desarrollo turístico (Valiela *et al.*, 2001). En México se han reportado tasas de pérdida de cobertura anual de 0.08% al 3.94% entre 1970 y 2005 (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013) y de 62% de los humedales (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012); ambos estudios citados por López-Barrera *et al.* (2017)

Los estados con mayor cobertura de mangle son: Campeche (194,190 ha) y Quintana Roo (129, 921 ha). Sin embargo, estos estados, al igual que Tabasco, Veracruz, Nayarit y Sinaloa, presentan los índices de pérdida de cobertura más altos (Agraz-Hernández *et al.*, 2007), derivados de la actividad ganadera, agrícola, asentamientos urbanos, descarga de aguas residuales y urbanas, tala a gran escala, construcción de carreteras y actividades petroleras.

Justificación

Los manglares tienen un papel importante en la recarga de los acuíferos y en los ciclos de nutrientes, reteniendo y transformando sedimentos y contaminantes. Actúan como zona de amortiguamiento contra eventos climáticos extremos, absorben nitrógeno y fósforo provenientes de fertilizantes agrícolas.





La restauración y la conservación son dos estrategias que pueden elegirse, en función del nivel de degradación del área que se desea manejar. En situaciones intermedias de perturbación, la aplicación de medidas concretas de restauración permitiría redirigir las trayectorias del sistema hacia estados más deseables, tanto como sea posible; y las medidas de conservación perseguirían que el sistema se mantenga en estos estados.

La degradación en el área de uso común del Ejido Moral y Mosquitero de Alvarado, Veracruz, se dio principalmente por actividades culturales pecuarias (roza, tumba y quema), hechas año con año por sus pobladores. Ante esta problemática se derivó la propuesta de restaurar 35 hectáreas perteneciente a dicho ejido, siguiendo la metodología de SEMARNAT-CONAFOR (2007 y 2010).

Objetivo general

- Restaurar 35 hectáreas de humedales, en el Ejido Moral y Mosquitero, municipio de Alvarado. Veracruz.

Objetivos específicos

- Reforestar 35 hectáreas de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), con planta proveniente de vivero.
- Mejorar la red hídrica con la construcción de 136.80 m³ de canales artificiales.
- Mejorar las condiciones ecológicas del sitio, para permitir la regeneración natural de las especies nativas de mangle.
- Generar mano de obra en seis comunidades durante la ejecución del proyecto
- Incentivar en la región, la equidad de género, a través de la participación de la mujer dentro del proceso de la restauración ecológica.

Materiales y métodos

Ubicación del sitio. El ejido Moral y Mosquitero de Alvarado Veracruz, se ubica en la región Golfo Centro del Estado de Veracruz y, muy en particular, en la parte Noroeste del Sistema Lagunar de Alvarado, en los paralelos 18° 48' 53" Latitud Norte y 95° 53' 58" Longitud Oeste.





Período de trabajo. El período fuerte de restauración se dio durante los primeros dos años. Inició en 2010, con actividades para favorecer una red hídrica, protección y limpieza del área e inicio de la reforestación propiamente dicha (plantación y reposición fallas). En 2011 se continuó con la reforestación, la apertura de canales artificiales, mantenimiento al cercado del área trabajada y de las brechas cortafuego; así también, fueron muy importantes las acciones de mantenimiento de plantaciones, que fue una actividad permanente, durante los siguientes años.

Recursos disponibles. Para lograr esta meta, se aprovecharon los recursos disponibles en la región: a) los ecológicos que provee la naturaleza: ambiente, hábitat natural, agua, bosques aledaños, planta de mangle, que dieron la pauta principal para la recuperación del sitio degradado; b) los económicos, provenientes de diferentes fuentes de financiamiento, que permitieron contar con las herramientas, equipo, insumos, contratación de mano de obra y asesoría técnica necesaria para llevar a cabo todas las actividades planteadas y c) los sociales, que se refieren a la disposición de pobladores de la región, conscientes de la importancia de restaurar los manglares en los humedales de su Ejido, y que permitieron llevar a buen fin el proyecto.

Metodología

La primera actividad realizada fue revisar fotografías aéreas de la zona de interés, con el fin de ubicar y seleccionar la superficie degradada a restaurar. Una vez hecho lo anterior, se hicieron recorridos de campo para corroborar la superficie afectada y las posibles causas de su disminución de la superficie de especies nativas adultas, en unos casos, o su nulo incremento, en otros. Así también, se consideró que la regeneración natural de especies de mangle, no podía ocurrir debido a que la cultura propia de la ganadería de realizar la “roza, tumba y quema”, no permitían el desarrollo de las semillas germinadas o de las plántulas, de especies nativas como el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

Con este panorama se inició la recuperación de la vegetación natural del lugar. Específicamente las acciones fueron las siguientes: a) *Red hídrica*. Se construyeron canales con una capacidad de 136.80 m³, con el fin mejorar la distribución de los escurrimientos de





agua en el sitio y permitir la entrada de las semillas de las especies de mangle, para lograr una regeneración natural; para ello, se hicieron cuatro canales principales, con una profundidad de 0.30 metros y 1 metro de ancho, *b) Protección del área*. Se construyó una cerca de 0.77 kilómetros de longitud, colocando postes de madera a cada 2.5 metros de distancia con 3 hilos de alambre de púas y se estableció una brecha corta fuego de 3 metros de ancho, alrededor del área de trabajo, para su protección, *c) Reforestación*. Se usó planta de mangle botoncillo, proveniente de la UMA “La Flor de Mangle”, la cual contaba con las especificaciones técnicas requeridas, como son una altura de 60 cm, un diámetro de tallo de 6 milímetros, sanas, vigorosas y sin daños mecánicos. Se establecieron 35 ha en dos etapas (18 ha, en 2010 y 17 ha, en 2011), con una densidad de población de 1,111 mangles por hectárea, plantados en marco real a 3 m de separación. Las actividades de mantenimiento, consistieron en reponer la planta muerta, la limpieza de los canales y reposición de postes dañados.

La mano de obra necesaria para la operatividad del proyecto, fue a cargo de los integrantes del Ejido Moral y Mosquitero, pero también se contrataron jornales de la misma comunidad para restauración del sitio y la participación de la mujer fue durante el proceso de producción de planta. Para asegurar el éxito del proyecto y dar cumplimiento de las metas planteadas, se capacitó a los participantes y se contó con una supervisión técnica permanente.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se consideran que fueron exitosos en los aspectos siguientes: a) se restauraron 35 ha que estaban en una fase de degradación importante, mediante el establecimiento del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), así como la regeneración natural de la misma, además de tres especies más, que son: mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*); lo cual puede constatarse por la presencia nativa de las mismas. También se recuperaron nichos de fauna, principalmente las madrigueras de cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) y b) Se logró una mayor conciencia ambiental de los ejidatarios con relación a la preservación, restauración y conservación de los recursos naturales, se erradicó la práctica de “roza, tumba





y quema”, en el Ejido, la cual incidía adversamente sobre la recuperación de las funciones ecológicas del lugar.

En este proyecto se recuperó el suelo degradado, directamente reforestando con planta de mangle; sin embargo, es necesario realizar otros estudios sobre la microtopografía del sitio, análisis del suelo y del agua intersticial, pH, y el hidroperíodo; al respecto, Flores-Verdugo *et al.* (2007) señalan que para restaurar un humedal o manglar, se requiere un conocimiento básico del hidroperíodo, de la microtopografía y la salinidad, ya que estos factores determinan el tipo de humedal, su composición de especies, su desarrollo, así como su funcionamiento. Con ello, se daría una mayor certeza del tiempo de reforestación y de las especies que deben usarse para restaurar un humedal.

Conclusión

El éxito de este proyecto, correspondió directamente a la buena ejecución metodológica de la restauración y a la funcionalidad en la red hídrica del sitio, así como la participación de los ejidatarios y los habitantes de la región, ya que fue crucial la conciencia ambiental que adoptaron antes, durante y después el proyecto. Todo ello se vio reflejado en la densidad de población por hectárea, con plantas vivas establecidas y nacidas naturalmente, mostrando un ecosistema de manglar más sano, proporcionando mejores condiciones ambientales para el desarrollo y conservación de hábitat de flora y fauna nativos.

Agradecimientos

A la Comisión Nacional Forestal que aportó los recursos para la realización de este proyecto. Al Ejido Moral y Mosquitero, por haber prestado el área de uso común, para la ejecución de las actividades.

A la UMA “La Flor de Mangle” por producir y proveer la planta necesaria para el proceso de restauración.





Literatura citada

- Agraz-Hernández C. M., J. Osti S., J. Jiménez Z., C. García Z., R. Arana L., E. Chan C., L. González D., *et al.* 2007. Guía técnica: criterios para la restauración del mangle. Universidad Autónoma de Campeche, Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional Forestal. 132 p.
- Flores-Verdugo F., P. Moreno-Casasola, C. M. Agraz-Hernández, H. López-Rosas, D. Benítez-Pardo A. C. Travieso-Bello. 2007. La topografía y el hidropériodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 80 (suplemento): 33-47.
<http://www.redalyc.org/html/577/57708005/>
- López-Barrera, F. C. Martínez-Garza y E. Cecco. 2017. Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.001>
- SEMARNAT-CONAFOR. 2007. Manual comunitario de restauración de manglares. 2007. 40 p.
- SEMARNAT-CONAFOR. 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. 66 p.
- Valiela I., J. L. Bowen y J. K. York. 2001. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *BioScience*, Volume 51 (10): 807–815, [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:MFOOTW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2)





ECOTURISMO EN MANGLARES: UNA ALTERNATIVA DE RECREACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN CIUDADANA

David Díaz Romero³⁷⁸

Resumen

“La Mancha en Movimiento S.S.S.” es un grupo de ecoguías formado por gente de la comunidad, con el objetivo de preservar sus ecosistemas y hacer un uso sustentable de sus recursos generando una derrama económica en la zona. Esto se realiza por medio de actividades recreativas y productivas sustentables, para llevar a cabo una educación ambiental efectiva. La vinculación con distintos actores de la sociedad es una de sus mayores fortalezas para lograr una verdadera concientización sobre la importancia de la conservación y restauración de los manglares. Los proyectos ecoturísticos en manglares son una alternativa para su conservación y recreación ciudadana y son una importante fuente de recursos económicos para la sociedad. La organización de las personas en una comunidad puede ser un frente social para la preservación de los ecosistemas y para el aprovechamiento de los recursos. Es indispensable el trabajo en conjunto con las dependencias de gobierno y la sociedad para asegurar el bienestar de las personas y la conservación y el uso sustentables de los recursos.

Palabras clave: proyectos ecoturísticos, desarrollo sustentable, vinculación, conservación de manglares. Concientización.

Introducción

La Mancha en Movimiento S. S. S. es una empresa comunitaria de ecoturismo formada por personas de la comunidad, como pescadores, campesinos, amas de casa, jóvenes y

³⁷⁸ Ecoguías La Mancha en Movimiento. ecoturismolamancha@gmail.com





estudiantes, los cuales preocupados y motivados por conservar los ecosistemas en los que viven, deciden unirse para trabajar y capacitarse como ecoguías. Se forman como grupo en 1998 (Video: Buenas Prácticas: "La Mancha") y se consolidan cuando se declara sitio Ramsar la zona de La Mancha-el Llano (sitio 1336), en el municipio de Actopan, en la costa central de Veracruz.

La Dra. Patricia Moreno-Casasola elabora el plan de manejo de la zona que incluye programas de educación ambiental y trabajo comunitario en desarrollo sustentable (Moreno-Casasola *et al.*, 2006; Moreno-Casasola y Salinas, 2007). Durante tres años, el grupo se capacita en talleres de emprendimiento, relaciones humanas, administración y primero auxilios; así como en ecología y conservación de los ecosistemas en los que vivimos. También aprendimos a hacer una buena interpretación del estado de nuestros ecosistemas. El principal objetivo del grupo es conservar los recursos naturales por medio de la educación ambiental, asegurando la preservación de especies y sus ecosistemas a través de proyectos productivos de bajo impacto ambiental y generación de empleos en la zona (Amador y Moreno-Casasola, 2006; Lazos Ruíz *et al.* 2012-2013).

Uno de los ecosistemas que se encuentran en La Mancha y en los que tenemos una amplia experiencia en actividades ecoturísticas y de conservación son los manglares. También hay humedales de agua dulce, algunos de ellos bajo restauración, playas y dunas, selva seca y selva húmeda sobre arena, principalmente. En la zona marina hay un sistema arrecifal rocoso. Todo ello hace de la zona un lugar de gran belleza. El Eje Neovolcánico Transversal llega a la costa, rompiendo la llanura costera plana y permitiendo que se den formaciones rocosas. Ello ha permitido que se intercalen lagunas costeras (La Mancha y El Llano), lagos de agua dulce como Laguna Farallón, dunas y humedales. En este entorno se asentaron los totonacos. Las principales ciudades que se pueden visitar son Cempoala y Quiahuiztlan, donde también se encuentra un cementerio totonaco (Moreno-Casasola, 2006).

Los manglares son humedales que se encuentran en las costas y se establecen a la orilla de las lagunas costeras y estuarios, se inundan con agua marina, pero predominan las aguas salobres. En la zona de la Mancha se encuentran cuatro especies de mangle: *Avicennia germinans* (mangle negro) que alcanza los 11 metros de altura y tiene una corteza fisurada de café gris a oscuro con numerosos neumatóforos, lo que le permite obtener oxígeno. Esta especie soporta altas concentraciones de sal en el agua y el suelo; en las hojas se pueden





apreciar granitos de sal que excreta la propia planta. *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) llega a medir hasta 20 metros de altura, con corteza gris oscuro, con hojas simples. El fruto es una nuez seca que generalmente empieza a germinar dentro del fruto, cuando aún está adherido al árbol. *Conocarpus erectus* (mangle botón) puede llegar a medir hasta 20 m, con un tronco de hasta 1 m de diámetro, sus ramas son frágiles; su corteza es gruesa y tiene amplias placas delgadas, en una escala de color de gris a castaño. *Rhizophora* mangle (mangle rojo) alcanza hasta los 30 metros de alto, con un tallo recto y copa redondeada con raíces simples o ramificadas en forma de zancos y con muchas lenticelas, las cuales le permiten al mangle rojo tomar oxígeno del aire. Este último predomina en la orilla del agua y sus raíces dan protección a larvas y alevines de muchas especies; son criaderos importantes. En la zona, a veces, el agua sube demasiado y llega a cubrir gran parte de las raíces del mangle rojo, negro y blanco.

Actividades recreativas y productivas dentro de los manglares de La Mancha

Como grupo de ecoguías hemos organizado a los pobladores para realizar actividades de bajo impacto (turismo de naturaleza) que permitan informar y concientizar a los visitantes o turistas, y a los propios habitantes locales sobre todo los niños, sobre el funcionamiento del ecosistema, su importancia y los beneficios que aporta. Esta tarea de concientización no sólo va dirigida a las personas que vivimos ahí, sino a todas las personas, incluso en las ciudades (Martínez-Gil, 2013). Como ejemplo de impacto, hemos ayudado a organizar a los pescadores, que incluso no todos son parte de los ecoguías, para tener un mayor cuidado de la laguna, creando conciencia hacia una pesca responsable.

Las principales actividades recreativas que se llevan a cabo de manera particular en el manglar son: recorridos interpretativos en kayak y en lancha, senderismo en los bordes de los manglares, observación de aves, y de fauna dentro del manglar. También se realizan actividades como pesca recreativa. Es de vital importancia el diálogo entre el ecoguía y el visitante, cabe resaltar que debemos mostrarle nuestra riqueza, tradiciones y siempre con el enfoque de educación. De esta manera, siempre se llevan una grata experiencia. Es importante que la gente sepa que las personas en el campo están interesadas en conservar el ecosistema y que se han organizado para llevar a cabo no solo actividades productivas,





sino también de conservación, como son el cuidado del cangrejo azul, la limpieza de la playa, la reforestación con especies nativas, entre otras.

También se llevan a cabo actividades productivas y de aprovechamiento de los recursos que brinda el manglar. Por ejemplo, se trabaja en conjunto con la sociedad cooperativa de aprovechamiento pesquero, para hacer buen uso de la gran diversidad de especies, como pulpo, ostión, almeja, jaiba, camarón cristal y gran diversidad de peces, incluso robalo. Todas estas actividades son reguladas con base a criterios establecidos, para obtener un beneficio para nuestras familias, pero evitando un impacto adverso en los recursos naturales, contribuyendo a la vez, a la conservación y preservación de las especies. Atendiendo a la temporada de veda se aprovechan una u otras especies. Durante las etapas reproductivas de las jaibas, no se consume.

Otra forma de aprovechamiento y de trabajo con la gente de la comunidad es la apicultura. La floración del mangle sucede en los meses de mayo y junio. Durante el mes de abril se colocan los apiarios dentro del manglar, para que las abejas pueden pecorear y coleccionar el néctar en un tiempo corto de aprovechamiento; en dos semanas se pueden llegar a obtener hasta cinco alzas. EcoGuías ayuda a gestionar recursos para los apicultores para aprovechar la floración de los mangles.

Actividades de educación ambiental y conservación

Como parte de las actividades de educación ambiental se realizan pláticas a estudiantes de las escuelas de primaria de los alrededores, y de otros municipios, sobre los ecosistemas del manglar y los servicios ambientales que brindan, con énfasis en la importancia que tienen para proteger al poblado, contra las inclemencias de los huracanes y ciclones; atrapar sedimentos y evitar el azolve de la laguna, albergar una gran diversidad de especies, pues son hábitat para muchas especies de aves, mamíferos, reptiles, moluscos y peces.

En época de migración, los manglares sirven como áreas de descanso para aves migratorias acuáticas que se refugian y obtienen ahí sus alimentos. La descomposición de la materia orgánica en los manglares, provee el alimento de una gran cantidad de organismos, que constituyen la fauna acuática, y que, a la vez, son fuente de alimento para nosotros. Por todos estos servicios ambientales que brindan los manglares y por ser una fuente importante





de recursos económicos para la población, hacemos hincapié sobre la importancia que tiene su preservación, conservación y uso racional de sus recursos.

Organizamos visitas a las escuelas de la zona para dar pláticas y también hemos traído niños de estas escuelas para que conozcan los ecosistemas de los cuales vivieron sus padres y abuelos. Hoy en día muchos de estos niños ya no conviven con la naturaleza. De esta manera la educación ambiental y la concientización se proporciona no solamente al visitante que viene de las ciudades o de otros estados, sino también a los pobladores locales (Moreno-Casasola, 2010).

Se realizan actividades de concientización ciudadana, por ejemplo, acciones de limpieza en los manglares a caballo (plásticos y basura) para que tenga un buen flujo hídrico. Se están colocando en la comunidad de la Mancha biodigestores para evitar descargas de aguas negras al manglar.

Una de las actividades que consideramos de las más importantes, es transmitir nuestro conocimiento como grupo, llevar nuestra experiencia a otras comunidades que se están empezando a organizarse como grupo comunitario en otras zonas. Consideramos que las personas, al darse cuenta que somos gente igual que ellos, ganaderos, pescadores, agricultores, amas de casa y, percatarse de que nuestra experiencia es real y tangible, se motivarán para organizarse y lograr los mismos propósitos y beneficios ambientales y económicos de nuestro grupo de ecoguías.

Para fortalecer todas estas actividades de conservación y participación ciudadana, hemos creado alianzas con distintos actores de la sociedad como el Ingenio La Gloria, con la academia, como el Instituto de Ecología A.C. y organizaciones de la sociedad civil (OSC) como PRONATURA, entre otros. También, hemos hecho alianzas con empresarios como Diada La Mancha. Esto nos fortalece, porque al estar en grupo y al aprovechar nuestros recursos nos hacemos fuertes y podemos comprometer a inversionistas para que coadyuven a la conservación de los manglares, asegurando los beneficios económicos que éstos brindan.





Importancia y experiencias de la vinculación del ecoturismo con diferentes actores sociales y dependencias del gobierno

Cuando la gente se organiza y aprovecha de manera sustentable los ecosistemas por medio de proyectos comunitarios como ecoguías (Lazos *et al.*, 2014), se puede hacer un frente ante situaciones o actores que atenten contra la conservación de este ecosistema, evitando así, afectar los recursos económicos de los pobladores, y su bienestar social. A través de los proyectos ecoturísticos se puede hacer un frente social para proteger dichos ecosistemas.

El ecoturismo es una de las muchas actividades relativas al ecosistema, las cuales, al interactuar entre sí, de manera armónica, no solo coadyuvan a la preservación y conservación de los manglares, sino que también traen beneficios económicos y sociales a los productores. Los actores de dichas actividades, forman cadenas productivas que impactan positivamente a la población local y, al consumidor en general, al generar productos limpios y de mayor calidad.

Un beneficio indirecto que se ha producido a través de nuestro trabajo con los manglares es la capacidad de organización y trabajo conjunto. Ello ha permitido que apoyemos a la Secretaría de Salud, en la colecta de ejemplares de aves para analizar la presencia de fiebre aviar, a tesis de licenciatura y posgrado, que realizan su trabajo de campo en la zona, a la creación de viveros de especies nativas para la reforestación local, a proyectos de ganadería silvopastoril (Video: Los paisajes del cambio), entre otros.

Para finalizar...

Hacemos una invitación a las OSC's, comunidades rurales y población en general, para realizar un aprovechamiento racional de sus manglares, por medio de proyectos ecoturísticos que promuevan la conservación de los ecosistemas, logrando así, un equilibrio ecológico, del cual todos podamos beneficiarnos. Es indispensable la participación de dependencias de gobierno para alcanzar dichos objetivos. Estas deben trabajar con los grupos ya formados, con experiencia, y promover un intercambio de conocimiento y experiencias con otros grupos en formación e, inclusive, con las mismas dependencias; y, sobre todo, dar seguimiento a los proyectos a largo plazo, hasta lograr los objetivos planteados. La vinculación con la academia es muy importante para tener siempre, un buen estado del conocimiento para el





manejo de los manglares. Hay muchos proyectos que se pueden llevar a cabo, para preservar y hacer uso racional de los beneficios de los manglares, cuando la gente se organiza.

Literatura citada

- Amador, E. y P. Moreno-Casasola. 2006. Turismo alternativo en los municipios costeros: en búsqueda de un desarrollo sustentable. P. 971-988. *In:* P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa y A.C. Travieso-Bello (eds.) Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (SEMARNAT)- Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México.
- Lazos-Ruiz, A., P. Moreno-Casasola y E. Galante. 2012-2013. Empresa Rural Verde: desarrollando criterios de sustentabilidad con la comunidad rural. Forum de Sostenibilidad 6: 3-16.
- Lazos-Ruiz, A., P. Moreno-Casasola y E. Galante. 2014. Green Rural Enterprises: guidelines for empowering local groups towards sustainable ventures. *Journal of Environmental Planning and Management* 57(12): 1849-1871.
- Martínez Gil, L. 2013. Guía para la formación de empresas de ecoturismo. Fundación Zícara A.C. México D.F.
- Moreno-Casasola, P. (ed.) 2006. Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 574 p.
- Moreno-Casasola, P., G. Salinas, L.E. Amador Zaragoza, H.H. Cruz, A. Juárez Eusebio, L. Ruelas Monjardín, *et al.* 2006. Plan de Manejo Comunitario La Mancha- El Llano. En busca de un desarrollo costero sustentable. p. 1179-1206. *In:* P. Moreno-Casasola, E. Peresbarbosa y A.C. Travieso-Bello. (eds.) Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (SEMARNAT)- Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México.





Moreno-Casasola, P. y G. Salinas. 2007. Programa de desarrollo comunitario sustentable y plan de manejo para la protección y conservación del sitio Ramsar La Mancha-El Llano. P. 173-185. *In*: Halffter Salas, G., S. Guevara y A. Melic (eds). Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica. Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España.

Moreno-Casasola, P. 2010. La educación ambiental como un instrumento hacia la creación de un desarrollo costero sustentable. P. 35-70. *In*: Castillo, A. y É. González Gaudiano (coords). Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México. SEMARNAT. México D.F.

Video: Buenas Prácticas: "La Mancha" <<https://www.youtube.com/watch?v=2nB21ypfr9c>>

Video: Los paisajes del cambio. https://www.youtube.com/watch?v=1hZrKH_igR0&t=6s.





VERACRUZ 2018

FORO

“INVESTIGACIÓN
EN PLAGAS
REGLAMENTARIAS DE
LOS CÍTRICOS PARA
FORTALECER LA
OPERACIÓN DE LAS
CAMPAÑAS
FITOSANITARIAS”

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ESTATUS DEL HUANGLONGBING Y *Candidatus liberibacter* EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL DEL SURESTE DE MÉXICO

Emiliano Loeza Kuk^{379*}, Claudia Tania Lomas Barrié¹, Lizette Cicero Jurado¹ y Jhibran Ferral Piña³⁸⁰

Resumen

En los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, operan de manera consistente cerca de 20 áreas regionales de control (ARCOs) del psílido asiático de los cítricos. Entre sus principales objetivos está reducir las poblaciones de *Diaphorina citri* para disminuir la velocidad de dispersión de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas). La incidencia y severidad del HLB fue medida visualmente y la presencia de CaLas en *D. citri* fue determinada por PCR en tiempo real en los 20 ARCOs por medio del muestreo de 960 sitios en 2017 y en 480 sitios ubicados dentro de ARCOs con dispersión activa en 2018. En ARCOs con alta incidencia de HLB se registraron mayores concentraciones de CaLas en psílicos colectados dentro de ellos. Aun cuando la concentración de CaLas varía entre ARCOs, se detectó un incremento en un intervalo de un año. Las aplicaciones de insecticidas impactan en diferentes magnitudes en las poblaciones de *D. citri*; sin embargo, el efecto en la carga de CaLas únicamente se detectó en uno de los sitios evaluados periódicamente.

Palabras clave: ARCOs, carga de inóculo, *Diaphorina citri*

Introducción

La enfermedad del Huanglongbing de los cítricos (HLB) se detectó en México desde 2009, de manera específica en el área de influencia del estudio se cumplen nueve años de su presencia oficial. Durante este tiempo, se realizaron esfuerzos tanto por instancias

³⁷⁹ INIFAP, Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá, Yucatán, México (*Autor: loeza.emiliano@inifap.gob.mx).

³⁸⁰ INIFAP, Centro de Investigación Sureste. Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo, México.





gubernamentales, productores, instituciones de investigación entre otros para contener la dispersión y establecimiento del HLB a otras áreas citrícolas. Sin embargo, la citricultura de México, es compleja por su variabilidad climática, tecnológica y organizacional, además está expuesta a diferentes puntos de entrada del patógeno, así como a formas alternativas de movilización del insecto infectado y de la bacteria, lo cual de manera gradual ha permitido la dispersión del HLB a 23 de los estados citrícolas de México (Flores-Sánchez *et al.*, 2017).

Debido a esas características de la citricultura nacional, así como a los resultados promisorios en otros países para el manejo del HLB, se conformaron las Áreas Regionales de Control (ARCOs). En este enfoque se incluyen varias estrategias de manejo de la enfermedad, prioritariamente se busca incidir en la abundancia de *Diaphorina citri* mediante la aplicación regional coordinada de productos con acción insecticida (Flores-Sánchez *et al.*, 2017) y la liberación de agentes de control biológico en áreas fuera de las ARCOs y áreas comerciales abandonadas, las cuales representan un riesgo para el éxito del manejo regional. A lo largo de nueve años de las campañas fitosanitarias se ha registrado el apoyo para la exploración, diagnóstico y, eventualmente, eliminación de árboles infectados, así como la aplicación de productos para bajar la población de los vectores por un sector amplio de productores, amas de casa, entre otros. Estas consideraciones tienen una repercusión importante en el manejo de la enfermedad a nivel regional. En ese contexto, la permanencia de una planta infectada representa un riesgo para el resto de la población citrícola, en Florida donde la eliminación de plantas sintomáticas no fue oportuna la dispersión del HLB fue rápida aún con el control del vector (Irey *et al.*, 2011).

La importancia de conocer la incidencia de la enfermedad en campo, radica en la capacidad, pertinencia y continuidad de las prácticas de manejo del problema iniciales, es decir permitiría determinar si la búsqueda, detección y eliminación de plantas enfermas individuales aún se justifica o bien, se requieren de otras medidas. En la citricultura de Brasil se estableció que una huerta con incidencia superior a 28% debería ser erradicada, asumiendo la probabilidad de que el 100% de los árboles estén infectados (Craig *et al.*, 2017). Si bien la premisa de impactar en la población de *D. citri* es un buen acercamiento para el manejo del HLB, es de esperarse que, a determinada incidencia de plantas enfermas en la huerta y la periferia, el efecto en la permanencia de insectos portadores de la bacteria se reduce. Este efecto puede ser menor en huertos pequeños por la migración de insectos





entre huertos (Bassanezi *et al.*, 2013). Al ser parte en el diseño de estrategias para el manejo de la enfermedad en este estudio se propusieron los objetivos de determinar la incidencia de CaLas en psílicos y HLB en árboles provenientes de ARCOs del Sureste de México.

Materiales y métodos

Determinación de CaLas en psílicos dentro y fuera de las ARCOs

El muestreo de los sitios fue por conglomerados, se priorizaron aquellos con positivos históricos además de criterios como edad del foco, susceptibilidad de la especie, distancia de los focos iniciales, superficie por ARCO. Este procedimiento se realizó preferentemente en los meses más frescos de la región. En cada ARCO se muestreó una proporción de las parcelas que la conforman. En estas parcelas se obtuvieron muestras compuestas de psílicos adultos, capturando los insectos presentes en 20 árboles distribuidos en la superficie de la unidad, siguiendo la metodología descrita previamente (de la Rosa Anaya, 2016). De igual forma, cuando fue factible se incluyeron parcelas ubicadas fuera del ARCO y representativas de la condición general de manejo de las que integran el ARCO. En cada parcela se intentó obtener mínimamente 50 psílicos adultos, mismos que se conservaron en alcohol al 96% y a 4°C, hasta su diagnóstico.

Como una medida de la concentración de la bacteria en la ARCO, se realizó la cuantificación absoluta por medio de PCR en tiempo real. Para lo cual, se generó una curva de calibración con la metodología de Lopes *et al.* (2013), se amplificó por PCR un fragmento de 16SrDNA con los iniciadores OI1/OI2c, el fragmento fue purificado y cuantificado por espectrofotometría, con el cual se prepararon diluciones seriales para que en función del peso molecular de la cadena se calculara el número de copias del fragmento (Figura 1). La concentración del número de copias del fragmento del CaLas está dada por:

$$y = 10^{((-0.3 * Ct) + 11)}$$

en donde: y = número de copias de 16SrDNA
 Ct = Ciclo de detección de la señal



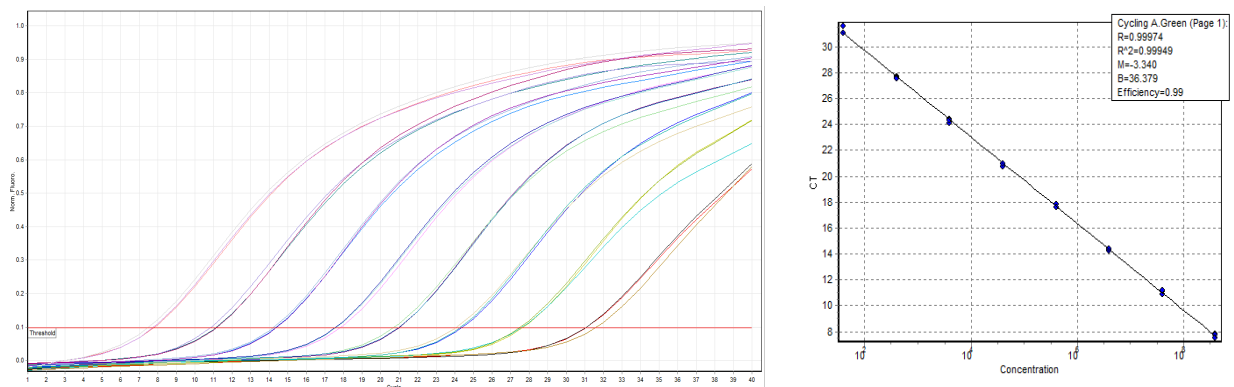


Figura 1. Amplificación de un fragmento de 16SrDNA y generación de curva estándar para detección de CaLas en psílicos.

Determinación de la Incidencia de HLB en huertas contempladas en ARCOs

En las parcelas seleccionadas para el muestreo de psílicos, dentro y fuera de ARCOs, se determinó la incidencia y severidad del HLB en el dosel de los árboles (Flores Sánchez *et al.*, 2015). En la exploración se revisaron visualmente 20 árboles de la parcela seleccionada. De esta forma, en una infección reciente se obtuvieron árboles con una menor proporción de copa sintomática, mientras que, en las avanzadas, esta proporción fue mayor.

Evaluación del efecto de actividades de control de *D. citri* en la presencia de CaLas en el vector

Se eligió al menos un sitio por estado, en donde existieran plantas sintomáticas y poblaciones de *D. citri* más importantes para dar seguimiento de los cambios en la concentración bacteriana de las poblaciones de psílicos asociados. El muestreo, cuando fue posible, se realizó idealmente cada 15 días, o máximo cada 30. En cada fecha de muestreo se siguió el mismo procedimiento. Los insectos colectados se conservaron en alcohol hasta su análisis con el mismo protocolo de detección de CaLas. Adicionalmente se registraron variables climáticas y las actividades más importantes encaminadas a reducir las poblaciones de *D. citri*.



Resultados y Discusión

Incidencia de HLB en las ARCOs

En 2017, la incidencia de HLB en las huertas indicó condiciones diferentes entre estados y ARCOs dentro de cada estado (Figura 2). De esta manera, en Quintana Roo el ARCO 2 presentó una incidencia alta. En Chiapas el ARCO 2 mostró el mayor número de huertas con síntomas, mientras que en Campeche fue el ARCO 1. Los valores menores de incidencia se encontraron en Yucatán y Tabasco (Figura 2). La intensidad de la enfermedad (incidencia + severidad), está asociada a la incidencia detectada y también se relaciona con la edad de los focos. En ese sentido, se espera que los ARCOs con detecciones antiguas, la incidencia y la severidad sean mayores, comparadas con áreas de reciente detección. Este fue el comportamiento del ARCO 2 de Quintana Roo, cuyo foco inicial se detectó desde 2010, y que presenta el promedio de intensidad más alto (14%), seguido del ARCO 2 de Chiapas con detecciones desde 2010 que registró el 8% de intensidad.

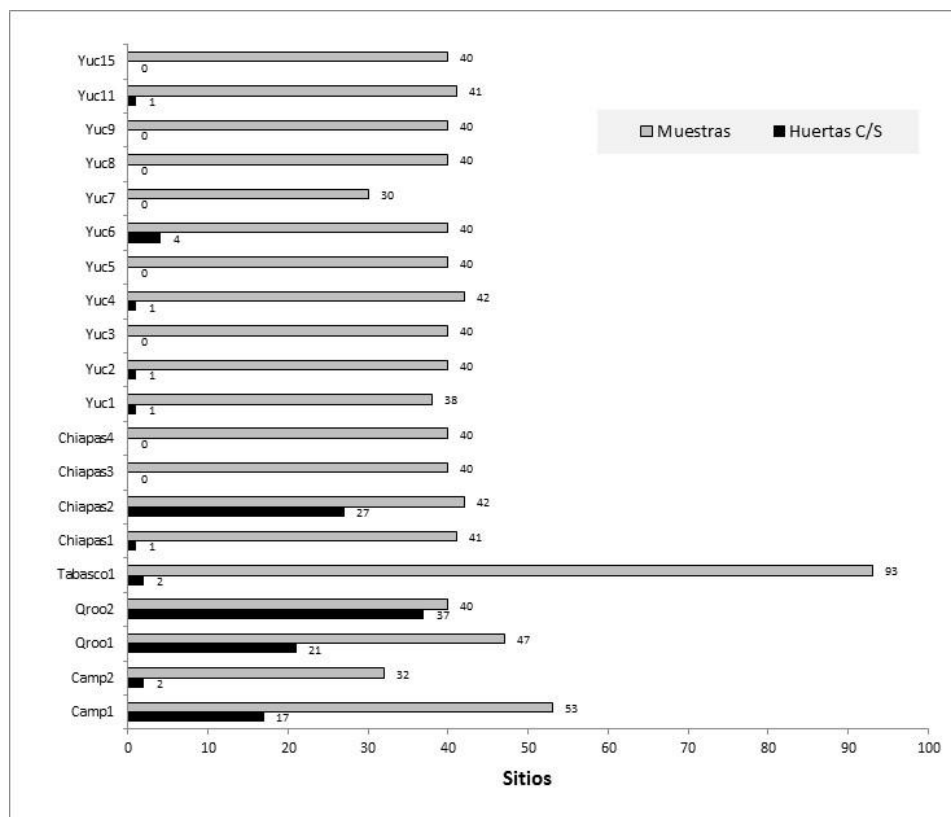


Figura 2. Huertas muestreadas por ARCO e incidencia de árboles sintomáticos a HLB, 2017.





Por otro lado, en las ARCOs con detección reciente, el promedio de intensidad enmascara el riesgo que representa la detección focal de huertos con HLB, mientras que en las gráficas Boxplot dicho efecto se diferencia y permite al coordinador una perspectiva más amplia del estado de las huertas que componen la ARCO en cuestión (Figura 3).

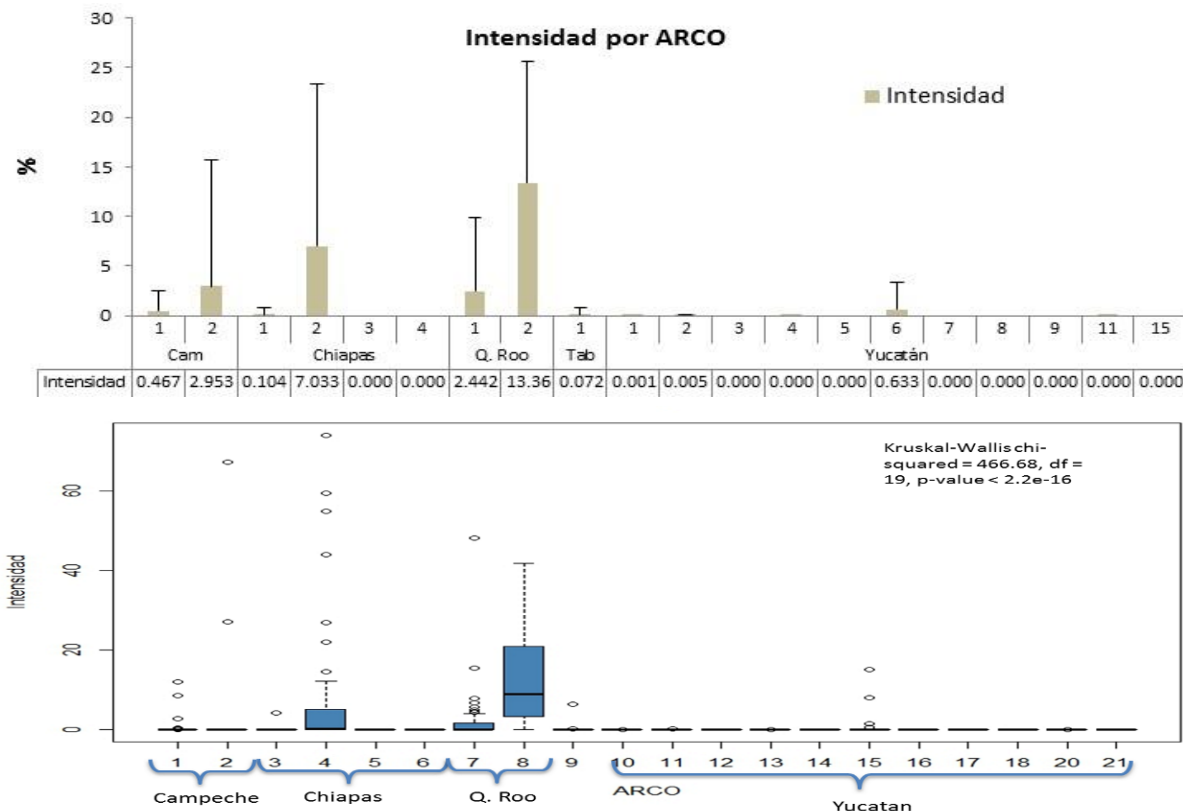


Figura 3. Estatus del HLB en las ARCOs de Chiapas, Tabasco y Península de Yucatán en 2017. A) Intensidad promedio de HLB, B) Boxplot de la intensidad en las huertas muestreadas durante 2017. Los círculos hacen referencia a huertos con valores extremos de intensidad.

La influencia de estos valores de incidencia en la prevalencia de psílidos infectivos, también se trasladan a la concentración de CaLas en los insectos analizados por PCR en tiempo real. De esta manera, después de analizar cerca de 32,000 insectos colectados en 880 sitios de los 20 ARCOs, la mayor concentración de CaLas se encontró en el ARCO 2 de Quintana Roo, seguido por el ARCO 2 de Chiapas (Figura 4).

En la región, la densidad poblacional de psílidos en cada ARCO fue diferente; por ejemplo, en Tabasco se presentó una mayor población (promedio de 111), mientras que en ARCO 2 de Campeche fue menor (5); esta variación puede modificar proporcionalmente la





concentración de bacteria presente en cada muestra. Sin embargo, este factor se homogeneiza al observar el valor de CT para el gen WGP (TET PAC) alcanzado en cada muestra; por lo que dicha variabilidad ligada a la abundancia de PAC por ARCO se elimina en la comparación. En la revisión visual se detectaron árboles sintomáticos en 12 ARCOs de 20: es de resaltar que únicamente en tres ARCOs se encontraron muestras de insectos que portaban a la bacteria en frecuencias que indicaban el establecimiento de la enfermedad y que sugirieron escenarios de convivencia

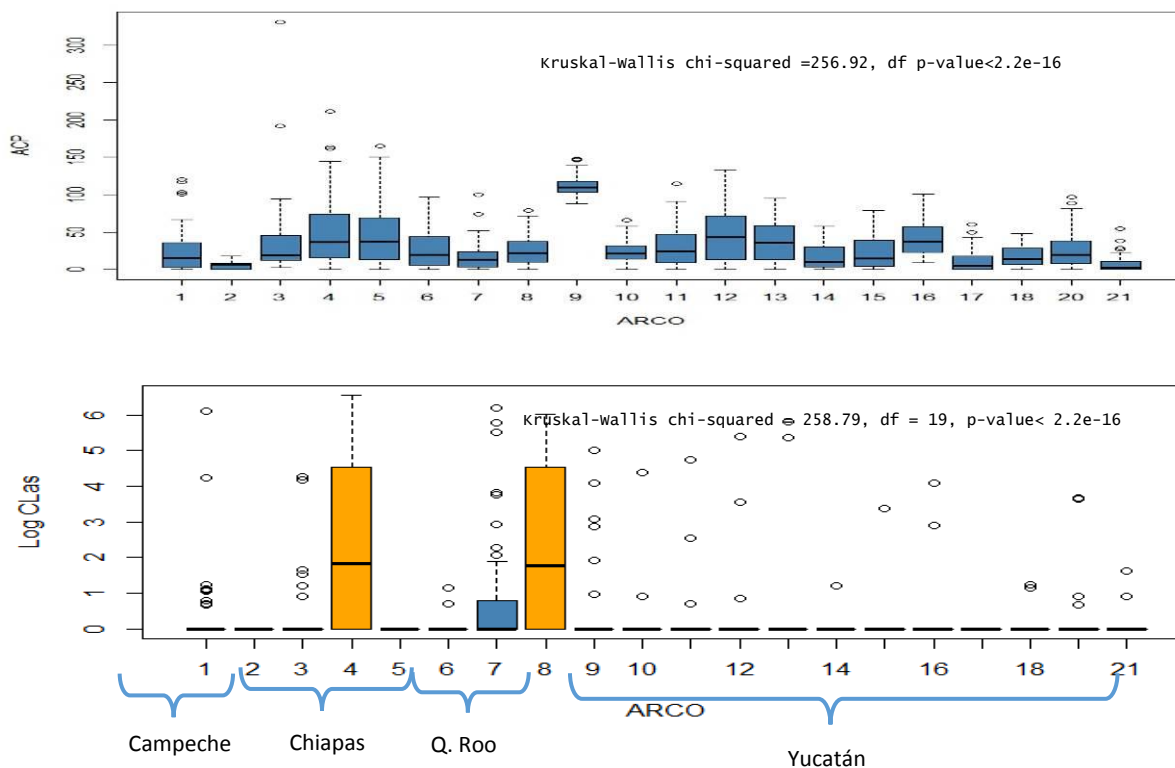


Figura 4. Estatus del complejo HLB-*D. citri* en las ARCOs de Chiapas, Tabasco y Península de Yucatán 2017. A) Abundancia de psílidos, B) Boxplot de la abundancia de *D. citri* por ARCO, C) Concentración de CaLas (log) en psílidos capturados en las ARCOs.

Como se programó inicialmente, para 2018, las ARCOs muestreadas fueron aquellas en las que en 2017 se detectaron parcelas con árboles sintomáticos, esto con el fin de detectar el incremento en la incidencia y severidad en esa subpoblación. El muestreo se realizó nuevamente en las mismas unidades, con la misma metodología y procesamiento ya indicado. La premisa en este muestreo fue detectar incrementos en la incidencia de la enfermedad entre huertos; sin embargo, aún con muestreos en fechas similares se





encontraron casos en los cuales la incidencia se redujo. Algo que en términos de manejo es difícil sustentar, pues son pocos los ARCOs en las que aún se realiza eliminación de árboles infectados; pero que puede explicarse por las condiciones de estrés hídrico de las huertas, que a la postre, podrían enmascarar los síntomas de la enfermedad. Esta misma variable podría explicar parcialmente la mayor abundancia relativa de PAC comparado con 2017, excepto para el ARCO 2 de Chiapas y el ARCO 7 de Yucatán. Existió variación en la abundancia de insectos, así como en la concentración de bacteria en las muestras, pero prácticamente en todas las ARCOs con detección en años previos la concentración de la bacteria tendió a incrementarse (Figura 5).

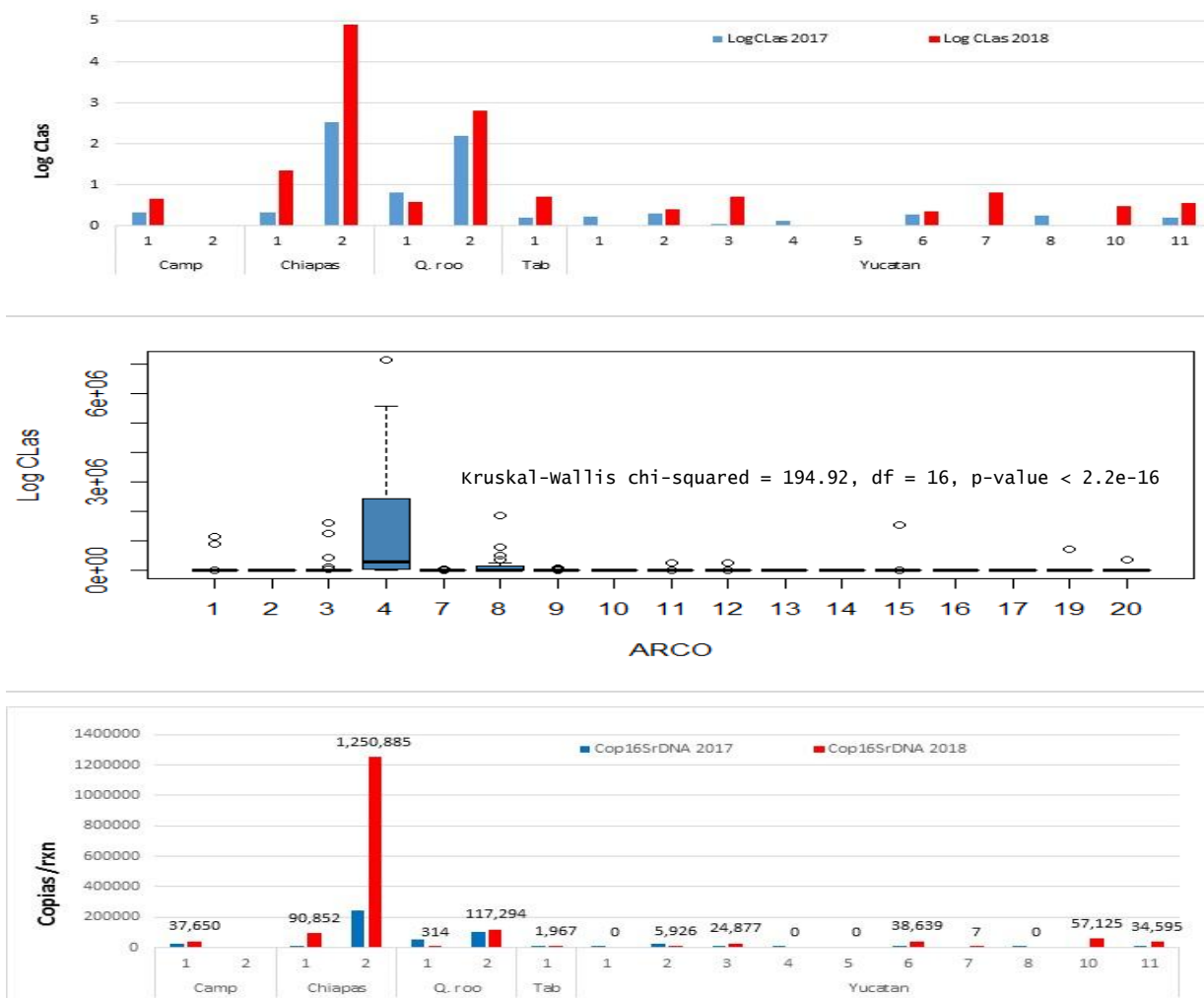


Figura 5. comportamiento de la concentración bacteriana en *D. citri* colectada en las ARCOs evaluadas.





Evaluación del efecto de actividades de control de *D. citri* en la carga de CaLas

La evaluación se realizó hasta por 300 días (Figura 6). Las aplicaciones regionales en zonas con incidencia alta de HLB y en donde la superficie se compone de muchas unidades pequeñas, el impacto en la “concentración de la bacteria” en los insectos portadores no tuvo un efecto evidente o mayor a un mes. Por otro lado, se detectó que la población de los adultos de *D. citri* colectada en esas huertas portaban a la bacteria frecuentemente, aún al estar expuestos a periodos con más de 35°C; Hoffman *et al.* (2013) reportan que CaLas deja de ser detectable en plantas infectadas con 30 días de exposición térmica a 40°C.

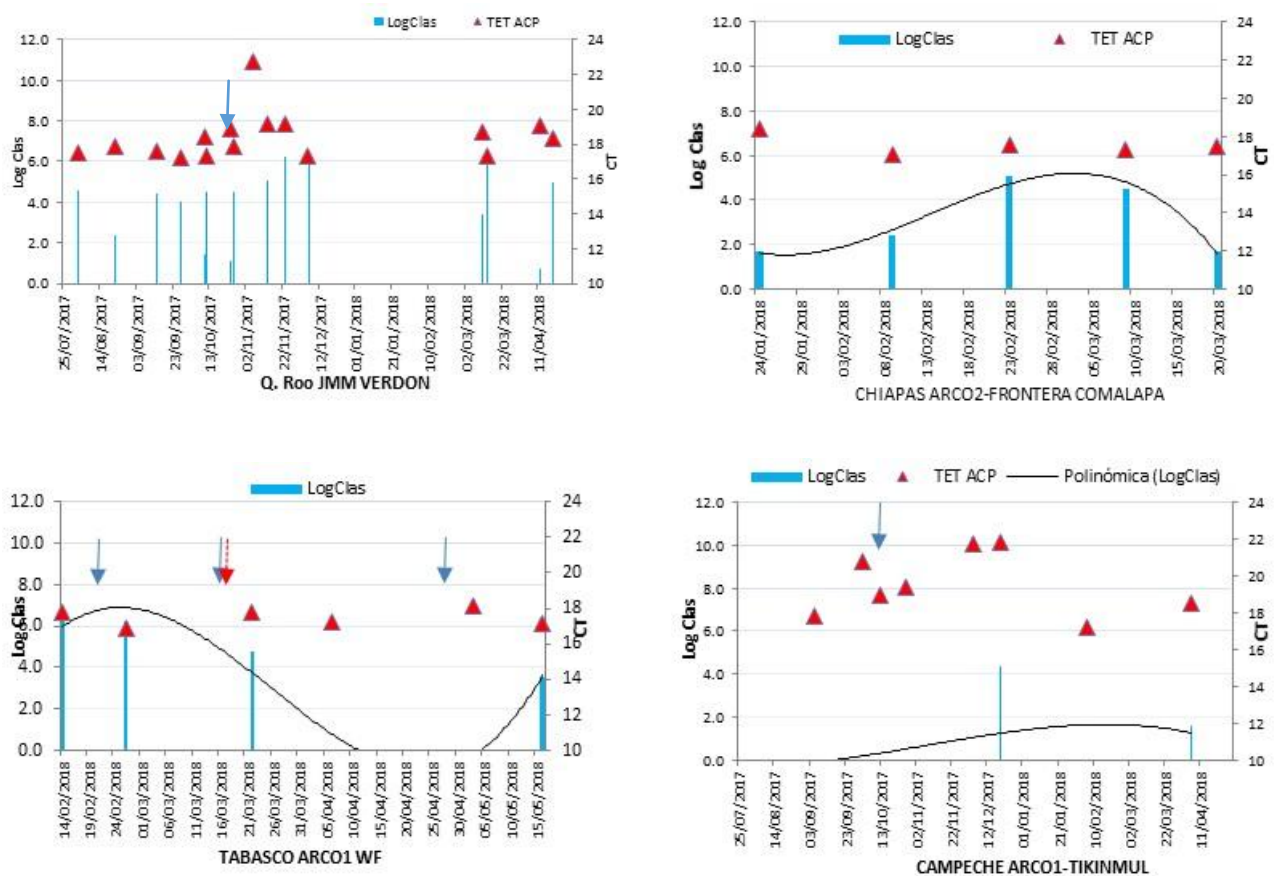


Figura 6. Concentración de CaLas en adultos de *D. citri* capturados en huertas dentro de ARCOs. A) JMM, QRoo con aplicación de *I. javanica*, B) Huerta sin aplicación regional en Chiapas, C) Huerta con aplicaciones regionales y del productor, D) Tikinmul, Campeche con aplicación de *I. javanica* en octubre 2017. Las flechas indican los momentos en que se realizaron las aplicaciones para controlar a *D. citri*.





Conclusiones

Existieron diferencias en la incidencia y severidad de HLB entre ARCOs, la incidencia en las huertas no siempre reflejó los años de detección. La incidencia de la enfermedad si se reflejó en la concentración promedio de CaLas por ARCO en *D. citri*; ésta, en muestras del vector colectadas en una ventana de dos meses, se incrementó en un lapso de un año. Las aplicaciones regionales en áreas compuestas por huertas pequeñas o con baja eficiencia en el control mostraron un efecto marginal en la concentración de la bacteria en el vector, mientras que aplicaciones coordinadas y eficientes en reducir la población del vector impactan en la presencia de la bacteria.

Agradecimientos

Al SENASICA-DGSV, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas y al INIFAP por los recursos otorgados para realizar el estudio. A los Comités de Sanidad Vegetal de los Estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán por el soporte logístico brindado. A Adriana Chacón López y Ana Beatriz Rivera Leyva, por el apoyo técnico.

Literatura citada

- Bassanezi, R. B., Belasque, J. Jr. and Montesino, L. H. 2013. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus Huanglongbing epidemics. *Crop Protection*. 72 - 77.
- Craig A.P., Cunniffe. N.J., Parry, M., Laranjeira, F.F., Gilligan, C.A. 2018. Grower and regulator conflict in management of the citrus disease Huanglongbing in Brazil: A modelling study. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13122>





- De la Rosa, A. A. 2016. Distribución de la carga de inóculo regional de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en *Diaphorina citri* en tres escenarios citrícolas de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 87 p.
- Flores, S. J. L., Mora, A. G., Loeza, K. E., López, A. J. I., Gutiérrez, E. M. A., Velázquez, M. J. J. Domínguez, M.S., Bassanezi, R. B., Acevedo, S. G. & Robles G. P. 2017. Diffusion model for describing the regional spread of huanglongbing for first outbreaks and basing an area wide disease management strategy. *Plant Disease* 1019-1127.
- Flores, S. J. L., Mora, A. G., Loeza, K. E., Domínguez, M. S., Acevedo-S. G., López, A. J. I. y Robles, G. P. 2015. Pérdidas en Producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Limón Persa, en Yucatán México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33: 195-210.
- Hoffman MT, Doud MS, Williams L, Zhang M, Ding F, Stover E, Hall D, Shang S, Jones L, Gooch M, Fleites L, Dixon W, Gabriel D, Duan Y. 2013. Heat treatment eliminates 'Candidatus Liberibacter asiaticus' from infected citrus trees under controlled conditions. *Bacteriology* 103: 15-22.
- Irey, M., Morris, R. A., Estes, M. 2011. Survey to estimate the rate of HLB infection in Florida citrus groves. <http://www.plantmanagementnetwork.org/proceedings/irchlb/2011/>. p. 73.
- Lopes, S. A., Luiz, F. Q. B. F., Martins, E. C., Fassini, C. G., Sousa, M. C., Barbosa, J. C., and Beattie, G. A. C. 2013. 'Candidatus Liberibacter asiaticus' titers in citrus and acquisition rates by *Diaphorina citri* are decreased by higher temperature. *Plant Dis.* 97:1563-1570.





DETECCIÓN PRESUNTIVA DEL HUANGLONGBING (HLB) DE LOS CÍTRICOS A TRAVÉS DE IMÁGENES

Juan José Garza Saldaña^{381*}, Sóstenes Edmundo Varela Fuentes³⁸¹, Wilfrido Gómez Flores³⁸²

Resumen

La enfermedad del “Huanglongbing” o HLB es considerada la enfermedad más devastadora de la citricultura mundial, causando la muerte de más de 63 millones de árboles alrededor del mundo y una disminución en la producción cítrica. Los árboles infectados pueden morir en un periodo de tres a ocho años y actualmente no existe cura para la enfermedad, la identificación es compleja por la confusión con otras enfermedades y deficiencias nutricionales de los cítricos. La identificación se confirma a través de PCR y este proceso consume recursos en el traslado, tiempo y costos de laboratorio. El objetivo fue desarrollar una metodología computacional para la identificación de la enfermedad del HLB en follaje de *Citrus sinensis* L. Osbeck utilizando técnicas de análisis de imágenes. Primero, se diseña e implementa un protocolo para la adquisición controlada de imágenes digitales RGB de hojas de cítricos y segmentación automática, utilizando un Prototipo Caja Estudio Fotográfico Portable (PCEFP). Posteriormente en la fase de entrenamiento, empleando la base de datos creada, que contiene fotografías tomadas en el PCEFP y clasificadas en “no HLB” (sanas, con síntomas visibles de deficiencias nutricionales) y con presencia de HLB, estas últimas validadas con qPCR. Con el sistema de reconocimiento, se extraen a través de la GLCM características de textura y se identifican las mejores características probando conjuntos con el clasificador KNN con diferentes parámetros. En el entrenamiento, el sistema desarrollado permite la identificación del HLB con una precisión del 95.65% para la clase positiva.

Palabras clave: Identificación, detección, Huanglongbing, HLB, imágenes

³⁸¹ FIC UAT, Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Campus Ciudad Victoria, Tamp., Méx. (*Autor:jjgarza@docentes.uat.edu.mx).

³⁸² Cinvestav, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional unidad Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.





Introducción

La citricultura en México cuenta con una superficie de 542,245 hectáreas, con una producción de 6.8 millones de toneladas, el cultivo de los cítricos en México es importante por aportar el 5.95% de la producción mundial; en naranja, el país ocupa el quinto lugar y es el número uno en limón mexicano y persa (Varela *et al.*, 2013). La enfermedad del “Huanglongbing” o HLB transmitida a través del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* K.), es una de las plagas más serias de los cítricos a nivel mundial y es considerada la enfermedad más devastadora de la citricultura, se estima que ha causado la muerte de más de 63 millones de árboles, principalmente en Asia, Sudáfrica y Brasil. Los árboles de naranja, mandarina, toronja y limón pueden morir en un periodo de 3 a 8 años (Bové, 2006), sin que a la fecha exista cura para esta enfermedad. La enfermedad se encuentra presente en diferentes países en el mundo y México y el estado de Tamaulipas no es la excepción (Robles-González *et al.*, 2013; Santivañez *et al.*, 2013; Orozco-Santos *et al.*, 2013).

El problema de la identificación de la enfermedad se complica porque se confunde con otras enfermedades y deficiencias nutricionales propias de los cítricos (Santivañez *et al.*, 2013). De manera que, para la identificación de la enfermedad, se requiere de coleccionar muestras vegetales sintomáticas y enviar las muestras al laboratorio donde se confirma la enfermedad a través de técnicas moleculares como qPCR, lo que hace que este proceso consuma recursos en el traslado, tiempo y costos de laboratorio. Por otro lado, un estudio mostró que la exactitud de la identificación de un árbol infectado con HLB mediante inspección visual de un grupo de inspectores profesionales fue entre 47% y 59% (Futch *et al.*, 2009).

Diferentes métodos que utilizan imágenes para la detección del HLB se muestran en la literatura: Kim *et al.* (2009), evaluaron con imágenes digitales RGB (del Inglés: *Red Green Blue*) extraídas a través de un microscopio digital (VHX-600K con lentes OP-51479, Keyence, Japón) utilizando una selección de 420 imágenes de hojas, la precisión de clasificación fue de 86.7% cuando se consideraron todas las clases utilizadas y la exactitud aumentó a 97.3% cuando se omitieron en el algoritmo algunas clases de hojas. Deng *et al.* (2014), propusieron un método basado en el análisis de RGB, utilizaron una base de datos de 216 imágenes de hojas, tomadas con diferentes cámaras fotográficas, clasificadas por expertos, utilizando características de las imágenes y una estructura de datos denominada





árbol ponderado de vocabulario escalable (WSVT, por sus siglas en Inglés: *Weighted Scalable Vocabulary Tree*), los resultados mostraron una exactitud entre 95% y 100%, con tiempos inferiores a 1 s. Otros métodos para la detección del HLB, basados en el análisis de imágenes digitales espectroscópicas como luz polarizada, del infrarrojo cercano, fotografía aérea (hiperespectral y multiespectral), satelital y de fluorescencia, se encuentran en investigación y desarrollo actualmente con resultados entre 74% y 98.5% de precisión (Garza-Saldaña *et al.*, 2017).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio consiste en desarrollar una metodología computacional para el reconocimiento de la enfermedad del HLB en follaje de *Citrus sinensis* L. Osbeck utilizando técnicas de análisis de imágenes.

Materiales y Métodos

Para la identificación del HLB a través de imágenes se utiliza equipo de cómputo, para la adquisición de imágenes, equipo de laboratorio para realizar los análisis de qPCR, así como el software que permite el procesamiento de la información. Para la adquisición de las fotografías digitales, se utilizó una cámara Sony Cyber-shot DSC-W620 de 14 Megapíxeles y para el procesamiento de las imágenes digitales, una computadora de escritorio Gateway™ con Procesador Intel Quad Core de 2.5 Ghz, 4 Gb. de RAM, disco duro de 596 Gb., con Windows 7 professional SP1. Asimismo, para la edición de las imágenes en el proceso de segmentación manual se utiliza MS Paint® (Rathbone, 2009) y posteriormente para el procesamiento y manipulación de las imágenes se diseñaron e implementaron programas en MATLAB® versión R2015b (MATLAB, 2017).

En esta investigación, el procesamiento digital de imágenes para el reconocimiento de patrones utiliza como base la propuesta de Gonzales y Woods (2008), que consiste en: adquisición, preprocesamiento, segmentación, extracción de características y clasificación, para identificar la enfermedad del HLB. En la Figura 1, se muestra la arquitectura para la fase de entrenamiento del sistema de identificación. Además, para la etapa de adquisición se diseñó, construyó y utilizó un Prototipo Caja Estudio Fotográfico Portable (PCEFP), como





herramienta para obtener la imagen de cada hoja en un ambiente de iluminación controlado y con un fondo homogéneo.

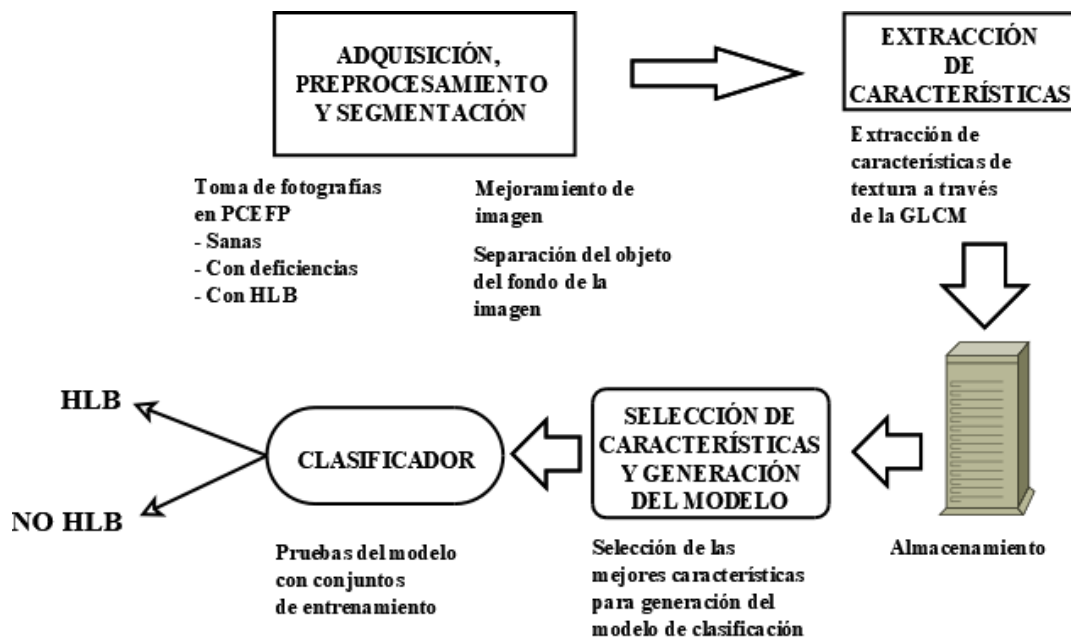


Figura 1. Arquitectura de la fase de entrenamiento para la detección del HLB a través de imágenes de hojas.

Para la fase de entrenamiento, se seleccionaron muestras vegetales con la ayuda de técnicos del CESAVETAM, obteniendo 188 hojas de *C. sinensis* con síntomas visibles de las siguientes deficiencias nutricionales: Hierro, Magnesio, Manganeso, Zinc, además de hojas sanas, durante el mes de agosto de 2016 en huertas del Mpio. de Güemez, Tam. Cada hoja fue fotografiada con el PCEFP con ambiente de iluminación controlado. En marzo de 2017, se colectaron 39 muestras vegetales con síntomas de HLB con el apoyo de personal del CESAVESLP, en los municipios de Río Verde y Ciudad Fernández en el estado de San Luis Potosí. Las muestras vegetales obtenidas fueron hojas en estado de desarrollo completo (expandidas y endurecidas) y con síntomas característicos del HLB, tomando la muestra de cuatro puntos diferentes del árbol. Las muestras se colocaron en toallas de papel absorbente y posteriormente cada muestra se introduce en una bolsa de plástico de cierre hermético y sobre la bolsa el número de identificación de la muestra, para el posterior traslado en hieleras para el diagnóstico molecular mediante análisis de qPCR de la presencia de *C. Liberibacter* spp. en cada hoja colectada. El diagnóstico se realizó en el Laboratorio de Detección





Molecular, Empacadora Santa Engracia S.A. de C.V. Las muestras fueron determinadas conforme al protocolo proporcionado por el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal; donde dicta que las corridas mediante la técnica de qPCR (Reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real) serán válidas cuando el control interno muestre un CT <38; el control negativo deberá ser de TET CT= 0.00 y el FAM CT=0.00; el control positivo de HLB CT <32. Además, cada hoja fue fotografiada en el PCEFP, de las 39 hojas con síntomas similares al HLB, se obtuvieron 26 positivas y 13 negativas, estas últimas se agregaron a la clase "No HLB", para un total de 227 muestras.

Para encontrar los mejores resultados en la etapa de segmentación y la fase de entrenamiento, se evaluaron cinco espacios de color y cada uno de sus componentes: RGB (del Inglés *red, green, blue*), HSI (H: saturación, S: matiz y I: luminancia) creado para hacer más intuitiva la manipulación de color, facilitando así la selección manual del color (Montenegro, 2013), YCbCr (Y luminancia, Cb cromático azul, Cr cromático rojo) que es usado por componentes digitales de video y es parte de la recomendación europea ITU-R BT.601 (Intel, 2017), CIE Luv y CIE Lab que se consideran perceptualmente uniformes (Intel, 2017). En la etapa de preprocesamiento se redujo el tamaño de cada imagen a un ancho de 800 pixeles con una reducción proporcional de altura, además se utilizó un filtro ADF, que reduce iterativamente el ruido dentro de las regiones delimitadas por los bordes de los objetos y no a través de ellos (Perona y Malik, 1990). En la etapa de segmentación se utiliza el método de umbralado automático creado por Otsu (1979) y en la etapa de extracción de características, de cada imagen, a través de la GLCM (del Inglés *Gray Level Cooccurrence Matrix*) se identifican texturas a través de la relación espacial entre pixeles (Haralick *et al.*, 1973), estas características son almacenadas en una base de datos clasificadas en: HLB y No HLB, en esta etapa se realiza un proceso de selección de las características que ayudan a identificar con mayor precisión la enfermedad, utilizando KNN (por sus siglas en Inglés: *K nearest neighbors*) que es un método de clasificación supervisada, de aprendizaje basado en un conjunto de entrenamiento clasificado previamente (Fix y Hodges, 1951), el modelo es probado utilizando conjuntos de características de las imágenes almacenadas en la base de datos.

Para evaluar la segmentación y el sistema de reconocimiento desarrollado, se utilizó el método de Kohavi y Provost (1998), que indica que una matriz de confusión contiene





información acerca de la clasificación original y la predicción hecha por un sistema clasificador. En una matriz de confusión para un clasificador de dos clases: VN es el No. de predicciones correctas de que la instancia es Negativa, FP es el No. de predicciones incorrectas de que la instancia es Positiva, FN es el No. de predicciones incorrectas de que la instancia es Negativa y VP es el No de predicciones correctas de que la instancia es Positiva. El índice de desempeño es una función que provee una medida de calidad y se calcula a partir de la matriz de confusión, para una matriz de 2 x 2 los índices se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Índices de desempeño de un clasificador dados por la matriz de confusión.

Índice	Ecuación	Evaluación	Rango
Exactitud (del Inglés: Accuracy ACC)	$(VP+VN)/(VP + FP + VN + FN)$	Efectividad global, no recomendada para clases desbalanceadas.	[0, 1]
Precisión	$VP / (VP + FP)$	Concordancia entre las etiquetas de clase con las etiquetas positivas	[0, 1]
Sensibilidad (del Inglés: Sensitivity SEN)	$VP/(VP + FN)$	Efectividad para identificar la clase positiva.	[0, 1]
Especificidad (del Inglés: Specificity SPE)	$VN/(VN + FP)$	Efectividad para identificar la clase negativa.	[0, 1]
Área bajo la curva (del Inglés: Area Under Curve AUC)	$\frac{(VP/(VP + FN)) + VN/(VN + FP)}{2}$	Capacidad para evitar falsas clasificaciones.	[0, 1]
Coficiente de correlación de Mathews MCC (Baldi <i>et al.</i> , 2000)	$\frac{(VP * VN) - (FP * FN)}{\sqrt{(VP + FP)(VP + FN)(VN + FP)(VN + FN)}}$	Efectividad global, recomendado para clases desbalanceadas	[-1, 1]

VP: Verdadero Positivo; VN: Verdadero Negativo; FP: Falso Positivo; FN: Falso Negativo.

Resultados y Discusión

Uno de los principales problemas de la adquisición de imágenes digitales para un posterior reconocimiento de patrones, es definir un ambiente controlado para llegar a resultados aceptables. Por lo anterior, para lograr la adquisición controlada de imágenes digitales en campo, se diseñó, construyó e implementó el Prototipo Caja Estudio Fotográfico Portable





(PCEFP). Para la evaluación del prototipo, se probaron 15 componentes de los cinco espacios de color, donde el componente V del espacio de color CIE Luv ofrece una precisión del 99.425% de $(\text{Acc} + \text{precisión}) / 2$ (AccP2) considerándose como suficiente precisión para la segmentación automática de la imagen digital, esto es, en la separación del fondo con relación al objeto de estudio. Esta herramienta portátil diseñada, permite una mayor precisión, ya que de acuerdo Aksenov *et al.* (2014), para la detección de la enfermedad en campo a través del análisis de gases, las condiciones meteorológicas, particularmente el viento, influye en un análisis preciso.

Con las fotografías segmentadas, de hojas con deficiencias nutricionales, sanas y síntomas visibles del HLB se construyó una base de datos de imágenes para realizar el entrenamiento y reconocimiento de la enfermedad. En la fase de entrenamiento del sistema de detección, se valida el modelo de clasificación propuesto obteniéndose tres resultados importantes para la identificación del HLB: se identifica el componente del espacio de color con su nivel de cuantización, cantidad y características que ofrecen los mejores resultados y los parámetros de configuración del algoritmo de clasificación.

Lo cual coincide con Pourreza *et al.* (2015) donde se muestra que la mayoría de los métodos de detección del HLB, proveen detección basada en algoritmos de aprendizaje de maquina o aprendizaje automático, debido a la complejidad del problema de detección y requieren de una colección de inicial de ejemplares clasificados. Por lo anterior en la fase de entrenamiento del sistema desarrollado, el espacio de color I de HSI fue el más adecuado para identificar el HLB, y con los conjuntos probados el índice de sensibilidad (SEN) para reconocer la clase positiva fue de 95.65%, y el índice MCC, que evalúa clasificadores con clases desbalanceadas, como es nuestro caso con muestras de HLB=26 y no HLB=201, fue de 0.7223 (en el rango de -1 a 1) con el algoritmo KNN con K=1. El 4.35% de incertidumbre en la asertividad de la detección del HLB a través de imágenes, fueron clasificados como falsos negativos por el sistema de detección, ya que mediante el análisis de qPCR empleado, este nos proporciona valores de CT por debajo del 32 en el control positivo de HLB, como se muestra en la Figura 2.

Trabajos similares han sido realizados por autores como Kim *et al.* (2009) y Deng *et al.* (2014), que utilizan técnicas de reconocimiento del HLB con imágenes RGB, para lo cual, previamente identifican las hojas con síntomas de HLB a través de técnicos expertos, con





precisiones máximas de 97.3 y 100% respectivamente, a diferencia en este trabajo la identificación de la enfermedad se realiza mediante el análisis de qPCR a cada hoja para contar con la certeza de la presencia de la bacteria.

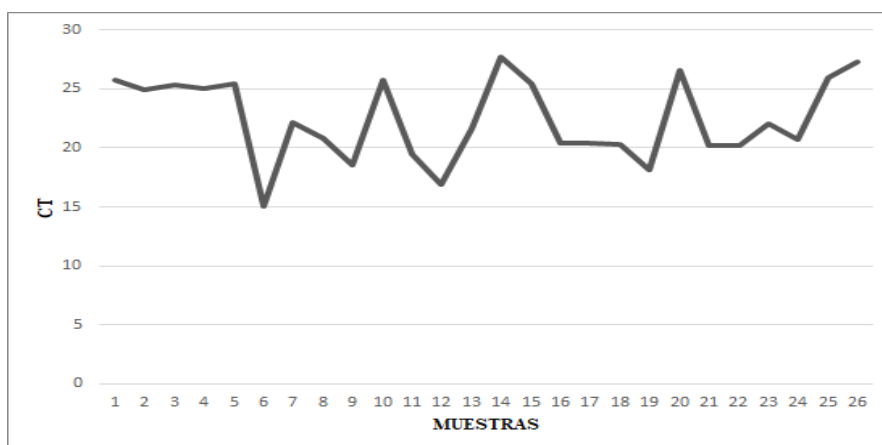


Figura 2. Resultado de qPCR en muestras sintomáticas de HLB en follaje de *C. sinensis*.

Conclusiones

El sistema desarrollado permite la identificación del HLB a través de imágenes de hojas sintomáticas de *C. sinensis* utilizando técnicas de análisis y reconocimiento de patrones de imágenes con una precisión de 95.65%. Esta tecnología podrá ser transferida en el futuro a las autoridades, técnicos y productores, entre otros que requieran usar dicho sistema.

Agradecimientos

Al CONACYT por su apoyo brindado a través del proyecto “Detección de Huanglongbing (HLB) en Cítricos a Través de Análisis de Imágenes”, CONACYT No. 2015-01-1877. Al personal del CESAVETAM y del CESAVESLP por su apoyo profesional para la adquisición de las muestras utilizadas.





Literatura citada

- Asimov, A.A., Pasamontes, A., Peirano, D.J., Zhao, W., Dandekar, A.M., Fiehn, O., Ehsani, R. y Davis, C.E. 2014. Detection of Huanglongbing Disease Using Differential Mobility Spectrometry. *Analytical Chemistry*. 86 (5): 2481-2488
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *Journal of plant pathology*. 88:7-37.
- Deng, X. L., Li, Z., Deng, X. L., y Hong, T. S. 2014. Citrus disease recognition based on weighted scalable vocabulary tree. *Precision Agriculture*. 15(3):321-330.
- Fix, E. and Hodges, J.L. 1951. Discriminatory Analysis, Nonparametric Discrimination: Consistency Properties. Technical Report 4, USAF School of Aviation Medicine, Randolph Field.
- Futch, S., Weingarten, S., y Irey, M. 2009. Determining HLB infection levels using multiple survey methods in Florida citrus. p. 122:152-157. *In: Proceedings Florida State Horticultural Society*.
- Garza-Saldaña, J. J., Varela-Fuentes, S. E., y Gómez-Flores, W. 2017. Métodos para la detección presuntiva de Huanglongbing (HLB) en cítricos. *CienciaUAT*, 11(2), 93-104.
- González, R. C., y Woods, R. E. 2008. Digital image processing 3rd edition. New Jersey, USA, Pearson Prentice Hall. 976 p.
- Haralick, R. M., & Shanmugam, K. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, (6), 610-621.
- Intel. 2017. Color models. <https://software.intel.com/en-us/ipp-dev-reference-color-models> [Consultado: diciembre 2017]
- Kim, D. G., Burks, T. F., Schumann, A. W., Zekri, M., Zhao, X., y Qin, J. 2009. Detection of citrus greening using microscopic imaging, in *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1194/1226>. [Consultado: 4 de noviembre de 2015]
- Kohavi, R., y Provost, F. 1998. Confusión matriz. *Machine Learning*, 30(2-3), 271-274.
- MATLAB. 2017. Documentation. <https://la.mathworks.com/products/matlab.html> [Consultado: diciembre 2017]





- Montenegro, J. J. 2013. Desarrollo de una metodología computacional para la captura automática de imágenes 4D del rostro usando un escáner 3D. Tesis de Maestría. CINVESTAV, unidad Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. 123 p.
- Orozco-Santos, M., Robles-González, M., Velázquez-Monreal, J. y Varela, F.S.E. 2013. Enfermedades Sistémicas y de Causa Desconocida. En: Varela, F. S. E., Orozco, S. M., Torres, A. R. I., y Silva, A. G. L. Guía Técnica para la Identificación y Manejo de Plagas, México. Departamento de Fomento Editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 428 p.
- Otsu, N. 1979. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 9(1), 62-66.
- Perona, P., y Malik, J. 1990. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 12(7), 629-639.
- Pourreza, A., Lee, W. S., Ehsani, R., Schueller, J. K., and Raveh, E. 2015. An optimum method for real-time in-field detection of Huanglongbing disease using a vision sensor. Computers and Electronics in Agriculture. 110: 221-232.
- Rathbone, A. 2009. Windows 7 for dummies. John Wiley & Sons. 224 p.
- Robles-González, M. M., Velázquez-Monreal, J. J., Manzanilla-Ramírez, M. Á., Orozco-Santos, M., Medina-Urrutia, V. M., López-Arroyo, J. I., y Flores-Virgen, R. 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. Revista Chapingo. Serie horticultura. 19(1):15-31.
- Santivañez, T., Mora-Aguilera, G., Díaz-Padilla, G., López-Arrollo, J. I. y Vernal-Hurtado, P. 2013. CITRUS. Marco estratégico para la gestión regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe. Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 60 p.
- Varela, F. S. E., Orozco, S. M., Torres, A. R. I., y Silva, A. G. L. (2013). Guía Técnica para la Identificación y Manejo de Plagas, México. Departamento de fomento editorial de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. 428 p.





AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL QUÍMICO DE *Diaphorina citri* EN ÁRBOLES JÓVENES DE NARANJO

Santos Díaz-Martínez³⁸³ y J. Isabel López-Arroyo³⁸⁴

Resumen

La evaluación de aspersiones puntuales, estratégicas de insecticidas para el control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *Liviidae*), el psílido asiático de los cítricos (PAC), vector del patógeno asociado al Huanglongbing (HLB), busca simular el modelo brasileño de alta frecuencia en el uso de plaguicidas para controlar al vector. Sin embargo, para México, se busca incrementar la frecuencia de intervención con el uso de aspersiones de agroquímicos solamente en árboles infestados o cuando ocurren sus brotes poblacionales más importantes. La meta es generar una estrategia para el país de costo económico y ambiental mínimos, bajo esquemas integrados racionales de manejo del vector y que sean reconocidos por su sustentabilidad. Resultados obtenidos hasta el momento muestran que las estrategias para controlar al PAC en árboles de dos años de edad de naranjo 'Valencia', mediante la aspersión total de la parcela, o sólo durante los focos de infestación, mantienen los registros más bajos de abundancia del insecto. Pero, en lo referente a la infestación de árboles, el control del PAC en los focos de la plaga mostró el nivel más bajo con un valor de 27%. Con este tratamiento y después de seis aspersiones, se asperjó en promedio sólo el 50% de los árboles. En el experimento con árboles de cinco años de edad, la abundancia del insecto fue 10 veces menor y la infestación se presentó en un rango de 7-14% para los tratamientos con estrategia de aplicación alternativa a la cobertura total, donde la infestación fue de 15%; el testigo presentó un 13% de infestación y abundancia que no varió significativamente con respecto al uso de insecticidas, esto posiblemente asociado a la actividad de enemigos naturales.

³⁸³ Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de Méx., México.

³⁸⁴ INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental General Terán. Gral. Terán, N.L., México. (E-mail: lopez.jose@inifap.gob.mx)





Palabras clave: Insecticidas, aspersiones, psílido asiático de los cítricos, HLB

Introducción

Huanglongbing (HLB) es actualmente la amenaza fitosanitaria más importante para la actividad cítrica en el mundo, debido principalmente a la complejidad del manejo tanto de la bacteria asociada a la enfermedad, como de su vector, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (da Graca, 1991; Bové, 2006; da Graca y Korsten, 2004). A pesar de los esfuerzos mundiales en desarrollar tecnologías para combatir al Huanglongbing, esta enfermedad aún continúa causando estragos en las regiones cítricas y demanda gran cantidad de recursos para su control (Stansly *et al.*, 2013; Singerman y Burani-Arouca, 2017). En Brasil, el enfoque de control regional de *D. citri* implica la inversión de recursos considerables por la aplicación de insecticidas en áreas extensas, en un tiempo relativamente corto, para afectar poblaciones del vector significativamente y provocar una reducción epidémica (Bassanezi, 2012; Bassanezi *et al.*, 2013). Una estrategia similar con costos equiparables se ha aplicado en Florida, E.U.A., con la denominación de CHMAs (Áreas para el Manejo de la Sanidad de los Cítricos, por sus siglas en inglés) (Stansly *et al.*, 2013); en concordancia con lo anterior, en México, se desarrollaron las Áreas Regionales de Control del Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOs) (Mora-Aguilera *et al.*, 2016). La base fundamental de su desarrollo es la necesidad de operar de manera coordinada en áreas extensas para aplicar medidas de control que impacten significativamente poblaciones del vector y evitar principalmente el escape o migración a áreas vecinas fuera de manejo, que pudiesen convertirse en focos constantes de infestación o de inóculo (Flores-Sánchez *et al.*, 2017). Una característica en común del enfoque en los tres países, es la aspersión de insecticidas en forma extensiva e intensiva, dependiendo esto último, del perfil socioeconómico del productor, con un mayor uso de productos plaguicidas en Brasil, y en último lugar México. Si bien esto último es deseable por cuestiones de conservación ambiental y equilibrio agroecológico, estrategias como aplicar en la periferia del huerto, o en árboles con infestaciones recurrentes, aplicadas con frecuencia es posible que generen mayores beneficios al eliminar al vector del patógeno asociado al Huanglongbing y afectar en





menor grado a los organismos benéficos que actúan contra *D. citri* y otras plagas de los cítricos, lo cual colocaría al manejo del vector en México, con una intensidad muy similar a la de Brasil, con el contraste de efectuarse bajo un enfoque de conservación de recursos ambientales y económicos. El presente estudio fundamentalmente busca reducir la carga de inóculo existente en cada región citrícola, mediante la eliminación o reducción constante y notoria de poblaciones del vector infectivo mediante el control químico del insecto objetivo. La tecnología a aplicarse dependerá básicamente del muestreo del insecto en el huerto y su monitoreo a través del año para detectar árboles infestados y realizar aspersiones de insecticidas inmediatamente. Por la disposición temporal agregada del insecto (Tsai *et al.*, 2000; Sétamou *et al.*, 2008; Monzo *et al.*, 2015), se evitará efectuar aspersiones totales del huerto para su control, con lo que se logrará un ahorro económico y se disturbará lo menos posible la ecología del área. El objetivo de este estudio fue desarrollar alternativas de intervención para el manejo del vector del Huanglongbing en la citricultura de México, para reducir sus poblaciones mediante la aplicación de insecticidas en forma estratégica, basada en la disposición espacial del insecto, y el seguimiento de su dinámica poblacional mediante herramientas de muestreo y monitoreo.

Materiales y Métodos

Los experimentos se desarrollaron en el área de influencia del Campo Experimental Gral. Terán, N.L., México, en dos huertas de árboles jóvenes de naranjo Valencia de productores cooperantes; característicamente las huertas están establecidas en densidades altas de plantación, con distancia de establecimiento de 6x2 m. Los estudios iniciaron después de la aspersión regional de insecticidas en el área, misma que fue realizada como parte de la campaña para el control del psílido asiático de los cítricos. Las estrategias evaluadas para el control del vector del patógeno asociado al Huanglongbing fueron las siguientes:

1. Testigo sin aplicación de insecticidas.
2. Aplicación de insecticidas foliares en cobertura total en el huerto.
3. Aplicación de insecticidas sistémicos vía “drench”.
4. Aplicaciones de insecticidas foliares en líneas alternas de árboles.





5. Aplicaciones de insecticidas foliares en forma perimetral.
6. Aplicaciones de insecticidas foliares en focos de la plaga.

Los tratamientos anteriores fueron evaluados en la huerta “La Florida”; en la segunda huerta (La Palma) el tratamiento seis fue sustituido por la aspersion del insecticida en árboles alternos. Los tratamientos constaron de 4 repeticiones/tratamiento, con tamaño de parcelas experimentales de 12 hileras con 25-29 árboles/hilera. Cada parcela estuvo separada una de otra por al menos 12 hileras; por ser terrenos de más de 50 ha, algunas parcelas seleccionadas fueron ubicadas con una separación aún mayor. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar, tomando la fenología de la planta, abundancia inicial del insecto y tamaño de la parcela para definir los bloques. En todas las parcelas experimentales el manejo convencional de plagas lo efectuó el productor y se limitó al control del ácaro arador de los cítricos con aspersiones de azufre humectable a dosis de 12.5 kg/ha. Los insecticidas utilizados son los sugeridos para emplear en los ARCOs de la región, que incluyen solamente productos autorizados por SAGARPA para su uso en cítricos (Cortez-Mondaca *et al.*, 2013). En las aspersiones foliares se aplicaron los insecticidas imidacloprid 30.5% CE en dosis de 300 ml/400 l de agua, y abamectina 1.8% CE en dosis de 600 ml + 2 litros de aceite vegetal/400 l agua. La primera aplicación “drench” se realizó al inicio del estudio, después del registro de una lluvia copiosa de 4 pulgadas en el área. Se aplicó imidacloprid en la presentación de Confidor (Bayer) a dosis de 500 ml/ha, con la aplicación del insecticida por árbol en 2 litros de agua, la cual fue realizada con una aspersora motorizada Honda de parihuela, con la aspersion dirigida al suelo en el cuello del tallo del árbol. La segunda aplicación en “drench” se realizó 2.5 meses después de la primera; se utilizó el insecticida thiametoxam 25% WP en dosis de 2 g/árbol. La aplicación fue similar a la anterior, con la diferencia que después se aplicó riego por gravedad en lámina uniforme. Las aspersiones se realizaron con la aspersora motorizada indicada. En el caso del tratamiento perimetral, en éste se cubrieron las dos hileras en ambos extremos laterales de la huerta y en los cinco primeros árboles de las líneas, tanto en la parte frontal como en la posterior de la parcela. En el caso de las aspersiones en hileras y árboles alternos, en la aspersion subsecuente se asperjaron los árboles que quedaron sin cubrirse en la aplicación previa, para en la siguiente repetir nuevamente el esquema con que se inició. En el caso del tratamiento de aspersion en focos, todos los árboles de la parcela experimental fueron





revisados para determinar la presencia del PAC visualmente o mediante muestreo por golpeteo de ramas, todos los árboles infestados fueron marcados con hilo de rafia y posteriormente recibieron la aspersión del insecticida (Figura 1).

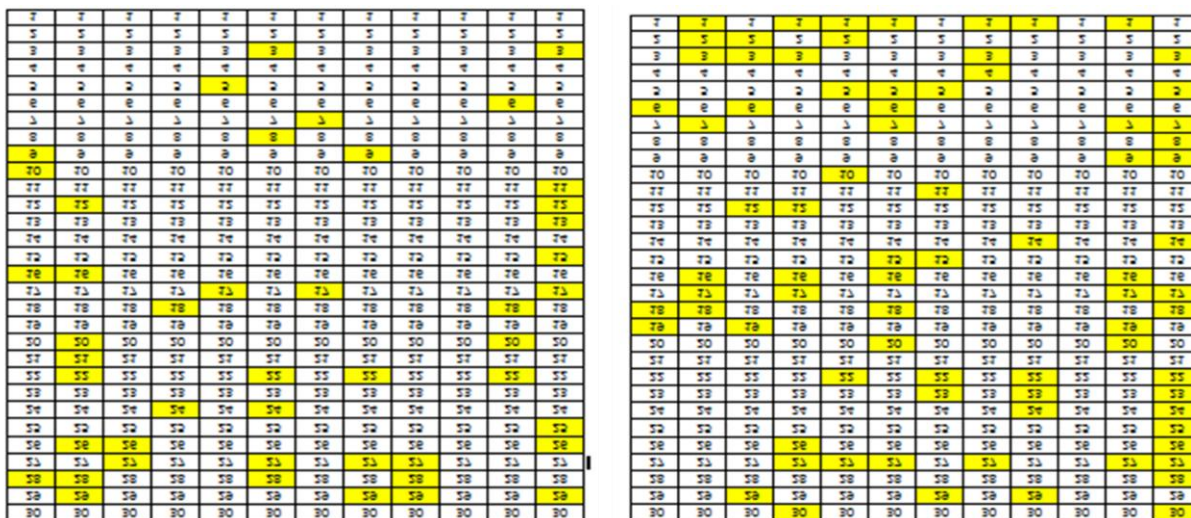


Figura 1. Ejemplo de parcelas con árboles infestados por *Diaphorina citri* (celdas en amarillo) que recibieron aspersión de insecticidas en parcelas bajo el tratamiento de control del psílido asiático de los cítricos en focos de infestación.

Para la evaluación del efecto de los tratamientos, se realizaron semanalmente muestreos para determinar la densidad y fluctuación poblacional del PAC, además de la infestación de la plaga en la brotación vegetativa de los árboles en las parcelas experimentales, lo cual fue realizado en 26 árboles seleccionados aleatoriamente, así como en cinco en la parte frontal sur de la parcela, distribuidos por el margen de la huerta; éstos últimos fueron seleccionados en forma alternada, con un árbol de separación entre ellos. Se contabilizaron adultos de *D. citri* mediante muestreo por golpeteo de ramas. En cuatro de estos árboles también se colocaron trampas pegajosas para la captura de adultos de *D. citri*. Por el tamaño de las plantas, éstas fueron instaladas entre 1 -1.5 m de altura con respecto al suelo, en el lado sur de la copa del árbol. Las trampas son de cartón plastificado, rectangulares de tamaño 15x22 cm y con la coloración del patrón INIFAP que simula un moteado verde-amarillento. Después de la instalación se descubrió un solo lado de la trampa, en la siguiente semana de muestreo se realizó lo mismo con el faltante; cada una de las trampas fue revisada semanalmente para contabilizar especímenes capturados. Todas fueron removidas dos semanas después de su instalación y fueron reemplazadas por nuevas. Los datos obtenidos a través de los diferentes





métodos de muestreo fueron analizados para determinar estadísticas descriptivas y son presentados gráficamente con intervalos de confianza al 95% de probabilidad.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos hasta el momento en árboles de dos años de edad, muestran que las estrategias para controlar al psílido asiático de los cítricos mediante la aspersión total de la parcela (Tratamiento 2), aspersiones perimetrales (Tratamiento 5) o en los focos de infestación (Tratamiento 6), mantienen los niveles más bajos de abundancia del insecto (Figura 1). Sin embargo, en lo referente a la infestación de árboles, el control del PAC en los focos de la plaga mostró el nivel más bajo con un registro de 16.3% (Figura 2). El resto de las estrategias de aplicación mostraron abundancia menor del insecto con respecto al testigo (Figura 3); sin embargo, prácticamente registraron un porcentaje de infestación muy cercano a éste (Figura 2).

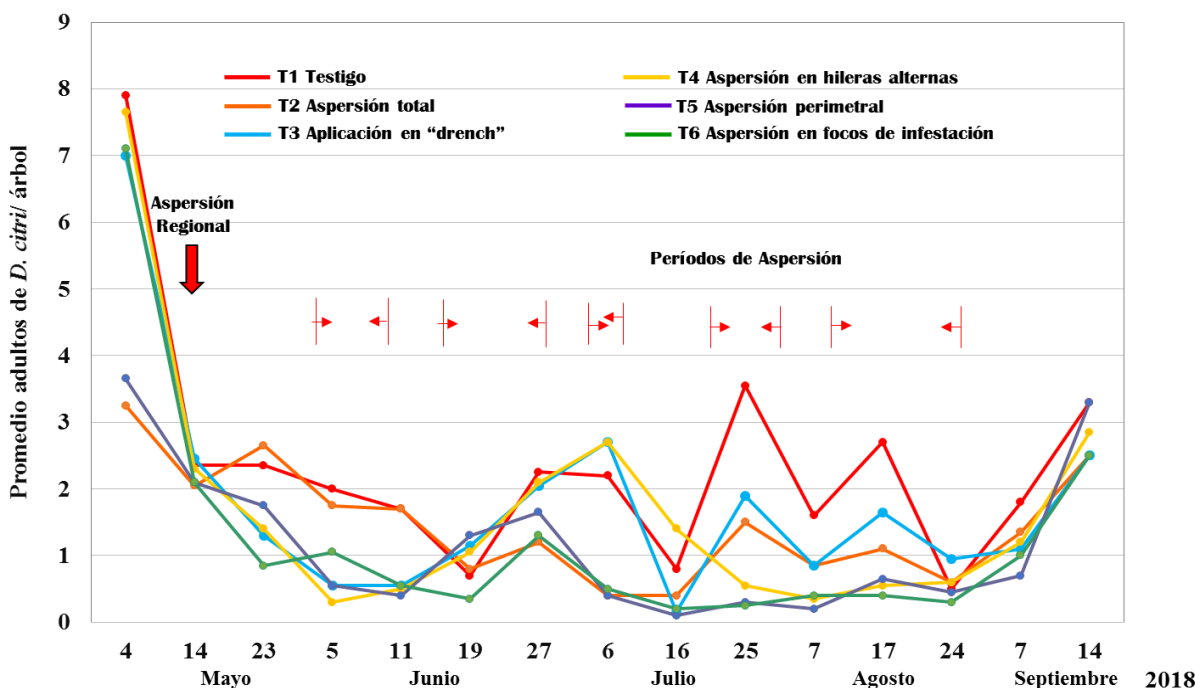


Figura 1. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la abundancia de *Diaphorina citri* en árboles de dos años de edad de naranjo Valencia en General Terán, N.L., Méx. Huerta La Florida. N= 5 árboles/parcela.



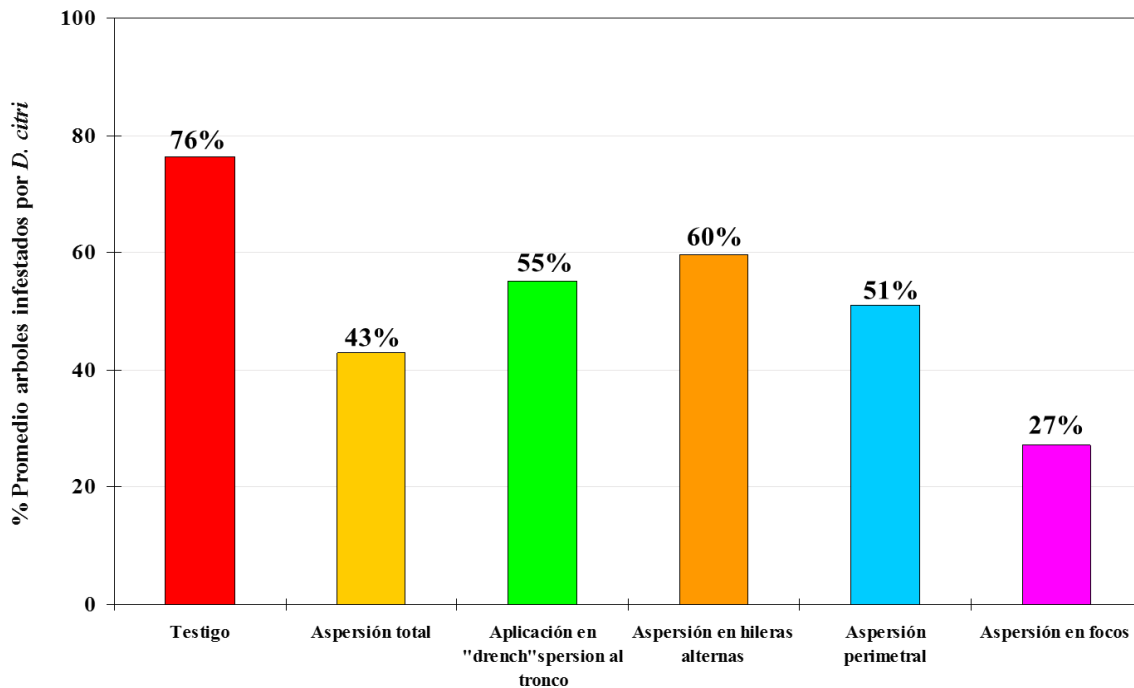


Figura 2. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la infestación de *Diaphorina citri* en árboles de dos años de edad de naranjo Valencia en General Terán, N.L., Méx. Huerta La Florida. N: 26 árboles/parcela.

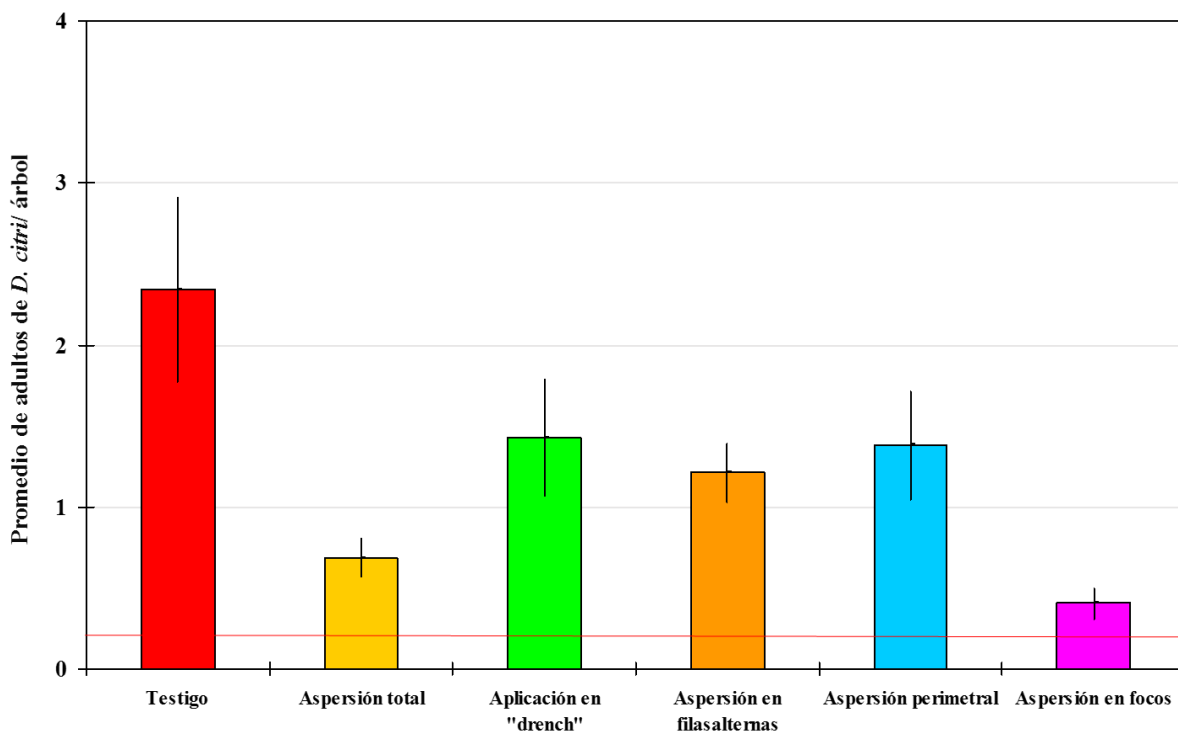


Figura 3. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la abundancia de adultos de *Diaphorina citri*, en árboles de 5 años de edad de naranjo Valencia en General Terán, N.L., Méx. Huerta La Florida. N= 26 árboles/parcela. Líneas en las barras indican el intervalo de confianza a un 95% de probabilidad.





La estrategia del control del PAC en focos de infestación en la parcela se realizó en diferente número de árboles/parcela, como resultado de identificar todos los que estaban atacados por el insecto; de esta manera, por ejemplo, una aspersión de insecticidas (imidacloprid 30.5%, 300 ml/ha) solamente se realizó en 46 árboles y en la siguiente aspersión, se aplicó en 79 árboles con presencia del PAC, para sumar después de 100 días, aspersiones en un promedio del 50% de los árboles asperjados de la totalidad de la parcela, cifra que constituye obviamente la mitad del producto utilizado en la aspersión total, lo que permitiría de esta forma al menos realizar el doble de aspersiones con respecto al tratamiento de cobertura total y con lo cual se protegería un mayor tiempo la parcela.

En el caso de los árboles de cinco años de edad, la abundancia del insecto e infestación muestra cambios sobresalientes con respecto a los árboles antes descritos, ya que la infestación registrada se presentó en un rango del 7-21%, con el valor más bajo en el tratamiento con aspersión en hileras alternas, y el más alto en la aplicación del insecticida vía “drench” (Figura 4), esto posiblemente por la reciente aplicación del producto e inicio retrasado de su actividad sistémica. El valor registrado en la aspersión de cobertura total fue mayor incluso que el porcentaje existente en el tratamiento testigo sin aplicación de insecticidas. En lo que respecta a la abundancia del insecto, en estas parcelas prácticamente fue 10 veces menor a la existente en los árboles de dos años de edad (Figura 5); con una respuesta a los tratamientos similar a la descrita para la infestación (Fig. 4), y existencia de una diferencia significativa entre los tratamientos con menor y mayor presencia de adultos de *D. citri* (Figura 5). En este experimento es sobresaliente la presencia reducida del insecto, ya que básicamente todos los tratamientos registraron promedios en el número de adultos menor o alrededor de 0.2 insectos/árbol, valor que en registros en trampas pegajosas es considerado como un umbral deseable para mantener el nivel poblacional del PAC (Monzo *et al.*, 2015), lo que por tanto convierte al registro con la aspersión en hileras alternas como remarcable, ya que su valor alcanzó solo la mitad de dicho nivel poblacional (Fig. 5). En esta parte del estudio falta por relacionar la presencia de enemigos naturales (datos sin presentar), ya que su actividad muy probablemente es la que interviene en los valores obtenidos en los diferentes tratamientos. Anteriormente ha sido documentada su importancia para el control del PAC en México (Reyes-Rosas *et al.*, 2012; Cortez-Mondaca *et al.*, 2016);



no obstante, estos efectos no son extraños cuando se realiza medidas o prácticas tendientes a conservar organismos benéficos (Biddinger *et al.*, 2014).

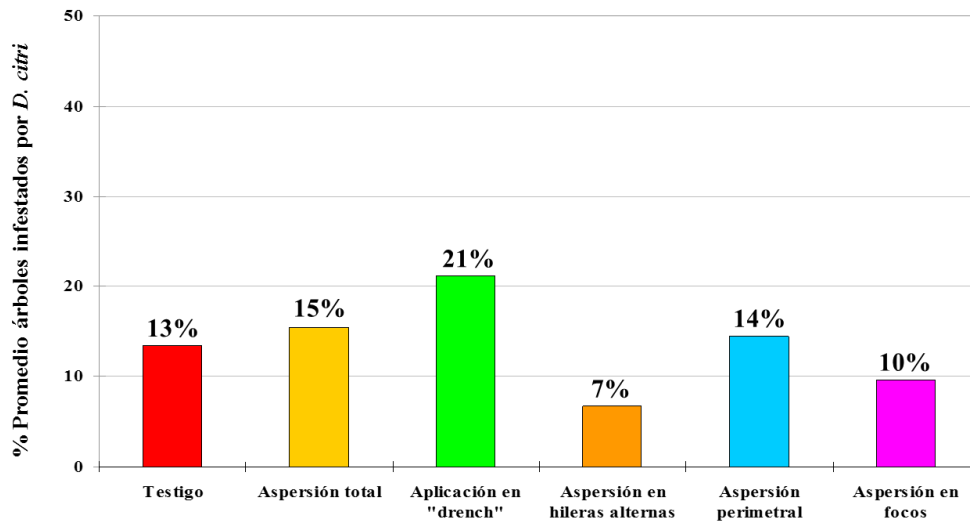


Figura 4. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la infestación de *Diaphorina citri* en árboles de 5 años de edad de naranjo Valencia en General Terán, N.L., Méx. Huerta La Palma. N= 26 árboles/parcela.

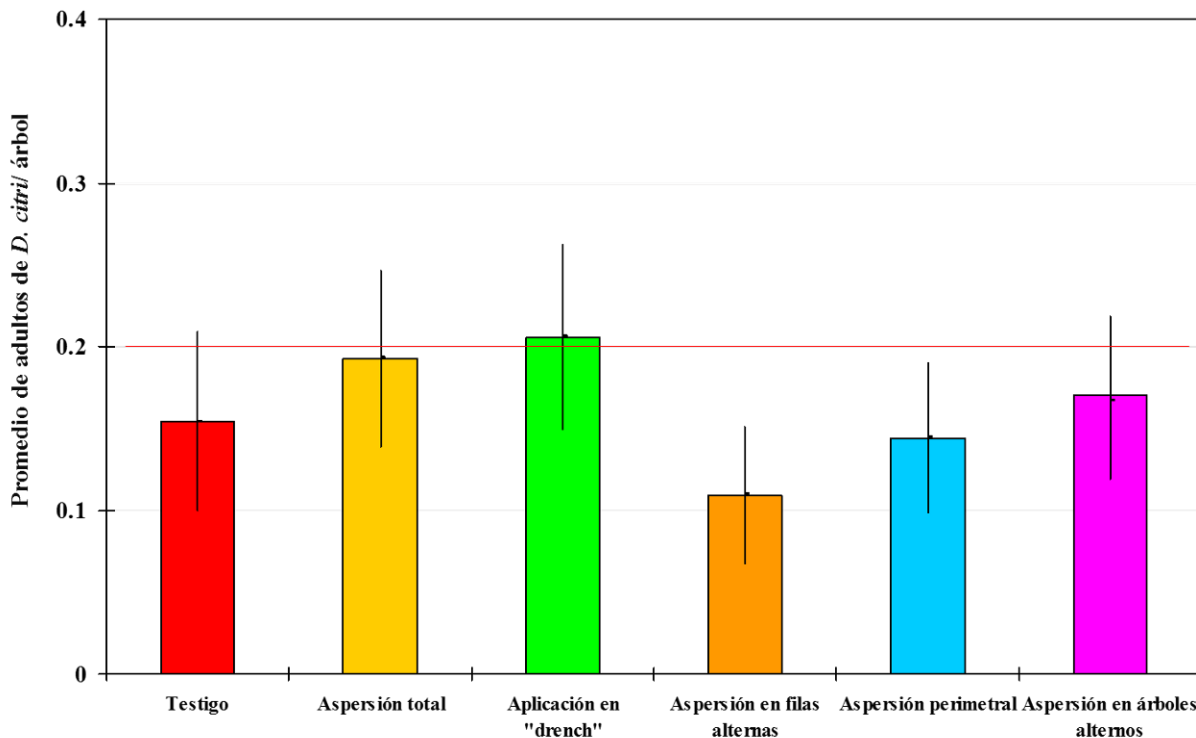


Figura 5. Efecto de estrategias diversas de aspersión de insecticidas en la abundancia de adultos de *Diaphorina citri*, en árboles de 5 años de edad de naranjo Valencia en General Terán, N.L., Méx. Huerta La Palma. N= 26 árboles/parcela. Líneas en las barras indican el intervalo de confianza a un 95% de probabilidad.



De la comparación de la información de la abundancia poblacional de *D. citri* en el presente estudio entre ambas edades de los árboles de los experimentos, destaca señalar que este patrón de abundancia ha sido observado en el área en la documentación del efecto de aspersiones regionales en las ARCOS (Díaz-Martínez *et al.*, 2017) y conviene remarcar el concentrar la atención en la importancia de árboles jóvenes de cítricos y su aportación significativa en el desarrollo e incremento poblacional del vector en el área o región.

También convendría considerar el efecto del control en focos de infestación y las otras alternativas de uso estratégico y reducido de insecticidas, para trasladarlo al ámbito regional, aspecto que fue omitido en la evaluación por Bassanezi *et al.* (2013), quienes en su estudio sugieren el manejo regional con uso de insecticidas en áreas extensas. La sugerencia parte de la no sustentabilidad, que es cada vez más evidente, de mantener áreas de miles de hectáreas bajo una cobertura total de aspersiones de insecticidas convencionales, sin esperar consecuencias nocivas de diversos tipos.

Los resultados obtenidos con la estrategia de aplicar sólo en focos resultan interesante y atractiva; ésta demanda entrenamiento para localizar la infestación de la plaga; una alternativa práctica la incluimos con la aplicación en hileras o árboles alternos. Sin embargo, se considera que un paso futuro serán las aspersiones de precisión, mediante equipos que apliquen solamente en árboles que presenten afectación (ver por ej. Maja *et al.*, 2009 para *D. citri*); una versión en el mismo sentido son los equipos aspersores con sensores para evitar asperjar en el espacio donde las plantas fueron suprimidas por diferentes motivos (Stover, 2002; Michielsen, *et al.*, 2010). Para las estrategias planteadas existe un riesgo asociado, ya que sólo se protege el 50% de los árboles y se podrían establecer colonias en las plantas desprotegidas. Sin embargo, para la condición de una gran cantidad de huertas en México, esta estrategia podría ser mejor, que permanecer sin efectuar intervenciones para controlar al vector. Estas estrategias evaluadas son idóneas para entomopatógenos esporulantes y se deberían contemplar para una alternancia en coberturas totales de insecticidas, sobretodo optimizando medidas para controlar plagas comunes presentes en los cítricos del país.

El estudio presente está dirigido a contribuir a mitigar daños económicos por la enfermedad letal de los cítricos, el Huanglongbing (HLB), para asegurar la rentabilidad y sustentabilidad de la producción y persistencia de la citricultura mexicana, ya que el manejo del vector y de la enfermedad demanda recursos financieros significativos (Maja *et al.*, 2009; Stansly *et al.*,





2013; Singerman y Burani-Arouca, 2017). Además, en México, el manejo que se realiza contra el Huanglongbing requiere de alternativas que sean aceptadas social y ecológicamente y que su aplicación sea viable económicamente. Se deberá demostrar con la tecnología generada que el manejo del problema puede realizarse con esquemas integrados racionales y que son reconocidos por su sustentabilidad.

Conclusiones

Los avances del estudio muestran evidencias de que estrategias alternativas en la aplicación de insecticidas a la cobertura total de la huerta, logra efectos similares en la infestación de árboles y abundancia de *Diaphorina citri*. Debido a que sólo se aplica en el 50% de los árboles, económicamente podrían permitir realizar aspersiones de insecticidas estratégicamente repetidas para mantener poblaciones reducidas al insecto, a pesar de que ello conlleva el riesgo de que colonias puedan establecerse en árboles sin protección.

Agradecimientos

Al SENASICA-DGSV, al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Querétaro, y al INIFAP por los recursos otorgados para realizar el estudio. A Rosa M. de León Hernández por su ayuda en diversas etapas del trabajo en campo.

Literatura citada

- Bassanezi, R. B. 2012. Epidemiology of Huanglongbing in Citrus. IV Simposio Nacional y III Internacional sobre Bacterias Fitopatógenas. Guadalajara. Jalisco. México.
- Bassanezi, R.B., L.H. Montesino, N. Gimenes-Fernandes, P.T. Yamamoto, T.R. Gottwald, L. Amorim and A. Bergamin Filho. 2013. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. *Plant Dis.* 97:789-796.





- Biddinger, D.J. T.W. Leslie, and N.K. Joshi. 2014. Reduced-risk pest management programs for Eastern U.S. peach orchards: Effects on arthropod predators, parasitoids, and select pests. *J. Econ. Entomol.* 107(3): 1084-1091.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathol.* 88: 7-37.
- Cortez Mondaca, E., J. Loera-Gallardo, L. M. Hernández-Fuentes, J.F. Barrera, A.A. Fontes, U. Díaz, J. Jasso, M.A. Reyes-Rosas, M.A. Manzanilla, J. I. López-Arroyo. 2013. Manual para el Uso de Insecticidas Convencionales y Alternativos en el Manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama en Cítricos en México. INIFAP, Centro Regional de Investigación del Noroeste (CIRNO), Campo Experimental Valle del Fuerte. Juan José Ríos, Sinaloa, México. Folleto Técnico no. 36. ISBN: 978-607-37-0016-0. 56 pp.
- Cortez-Mondaca, E., J.I. López-Arroyo, L. Rodríguez-Ruíz, M.P. Partida-Valenzuela, y J. Pérez-Márquez. 2016. Especies de Chrysopidae asociadas a *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos y capacidad de depredación en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2): 363-374.
- Da Graca, J.V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 109-136.
- da Graca, J.V., and L. Korsten. 2004. Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies, pp. 229-245. *In: S.A.M.H. Naqvi (ed.) Diseases of fruits and vegetables, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.*
- Díaz-Martínez, S., J.I. López-Arroyo, E. Cortez-Mondaca, y R.M. De León. 2017. Avances en la evaluación de aspersiones regionales de insecticidas contra *Diaphorina citri* Kuwayama en el ARCO de General Terán, N.L., México p. 2625-2633. *In: Vinay, V.J.C. et al. (comps.) Avances en investigación agrícola, pecuaria, forestal, acuícola, pesquería, desarrollo rural, transferencia de tecnología, biotecnología, ambiente, recursos naturales y cambio climático-2017. INIFAP, CP, UV, UACH, AVC, ITBOCA, ITUG, ITSH, UPH. Medellín, Ver., México. Año 1, Núm. 1, 2633 p.*
- Flores-Sánchez. J. L., G.A. Mora-Aguilera, E. Loeza, J.I. López-Arroyo, M.A. Gutiérrez-Espinoza, J.J. Velázquez-Monreal, S. Domínguez-Monge, R.B. Bassanezi, G. Acevedo-Sánchez, and P. Robles-García. 2017. Diffusion model for describing the regional spread of huanglongbing for first outbreaks and basing an area wide disease management strategy. *Plant Disease* 1019-1127.





- Maja J.M., M. Salyani and R. Ehsani. 2009. Spot Spraying of Citrus Tree Canopies for Controlling Psyllids. Proc. Fla. State Hort. Soc. 122: 181–185.
- Michielsen, J.M.G.P., J.C. Van de ZANDE, V.T.J.M. Achten, H. Stallinga, P. Van Velde, B. Verwijs, C. Kempenaar, D. Van der Schans and J. de Boer. 2010. Precision of a sensor-based variable rate sprayer. Aspects of Applied Biology 99: 21-28.
- Monzo, C., H.A. Arevalo, M.M. Jones, P. Vanaclocha, S.S. Croxton, J.A. Qureshi, and P.A. Stansly. 2015. Sampling Methods for Detection and Monitoring of the Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). Environmental Entomology. 44: 780-788.
- Mora-Aguilera, G., P. García-Robles, J.I. López-Arroyo, J. Flores-Sánchez, G. Acevedo-Sánchez, S. Domínguez-Monge, A. Gutiérrez-Espinosa, y E. Loeza-Kuk. 2016. Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. Revista Mexicana de Fitopatología. 32(2):108-119.
- Reyes-Rosas, M.A., J. Loera-Gallardo, J.I. López-Arroyo. 2013. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4 (4): 495-501.
- Sétamou, M., D. Flores, J.V. French, and D.G. Hall. 2008. Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: *Psyllidae*) in citrus. J. Econ. Entomol. 101: 1478-1487.
- Singerman, A., and M. Burani-Arouca. 2017. Evolution of Citrus Disease Management Programs and Their Economic Implications: The Case of Florida's Citrus Industry. Department of Food and Resource Economics, UF/IFAS Extension. FE915, 5 pp.
- Stansly, P.A., H.A. Arevalo, J.A. Qureshi, M.M. Jones, K. Hendricks, P.D. Roberts and F.M. Roka. 2013. Vector control and foliar nutrition to maintain economic sustainability of bearing citrus in Florida groves affected by Huanglongbing. Pest Management Science. DOI 10.1002/ps.3577
- Stover, E. 2002. Sensor-controlled spray systems for Florida citrus. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. HS-872, 8 pp.
- Tsai, J. H., J.J. Wang, and Y.H. Liu. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange Jessamine in southern Florida. Florida Entomologist. 83: 446-459.





EVALUACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS EN APLICACIONES REGIONALES, Y DE *Isaria javanica*, COMO ESTRATEGIAS DE CONTROL DE *Diaphorina citri*

Jhibran Ferral Piña^{385*}

Resumen

Se realizaron aplicaciones para el control de *Diaphorina citri* en los estados de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, durante el periodo 2016-2017. Las evaluaciones realizadas correspondieron a los productos disponibles para las aplicaciones regionales en los estados, para lo cual se identificaron huertas donde se evaluó la mortalidad de *Diaphorina citri*, dentro de las Áreas Regionales de Control (ARCOs). Para ello, se contó con la ayuda de los técnicos de las campañas contra el Huanglongbing de los cítricos (HLB), y los productores dueños de las huertas donde se establecieron los experimentos. Los resultados obtenidos indican la efectividad de la aplicación regional en términos globales; es decir, incluyendo el efecto del equipo de aplicación empleado, la experiencia del aplicador, asegurando una buena cobertura, y la efectividad *per se* del producto aplicado.

Palabras clave: Insecticidas, *Isaria javanica*, aplicaciones regionales, ARCOs

Introducción

Los hongos entomopatógenos, en su mayoría pertenecientes a *Entomophthoromycota* y *Ascomycota*, conforman un grupo muy importante para el control biológico de insectos. En 1836, en China, Agostino Bassi identificó a *Beauveria bassiana* como causante de enfermedades del gusano de seda. Y, a partir de ahí, comienzan a estudiarse estos hongos para controlar insectos. Las dos especies más frecuentemente utilizadas en el mundo, son:

³⁸⁵ INIFAP, Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Chetumal, Q. Roo. (*Autor: ferral.jhibran@inifap.gob.mx).





Metarhizium anisopliae y *Beauveria bassiana*. Debido a su eficiencia y facilidad de producción, se han desarrollado numerosos micoinsecticidas formulados con estos hongos.

Diaphorina citri es un insecto vector que transmite eficientemente la bacteria *Candidatus Liberibacter* asociada a la enfermedad Huanglongbing de los cítricos (HLB), la cual es considerada la más destructiva de los cítricos. Dentro de las especies fúngicas patógenas contra *D. citri* se encuentran: *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana*, *Hirsutella citriformis*, *Lecanicillium lecanii*, *L. muscarium*, *L. longisporum*, *Metarhizium anisopliae* y *M. brunneum* (Conceschi *et al.*, 2016). En Argentina se ha encontrado *B. bassiana* infectando naturalmente ninfas y adultos de *D. citri* (Cáceres *et al.*, 2010) y en Brasil un aislamiento de la misma especie de hongo y uno de *I. fumosorosea* son señalados como promisorios controladores del insecto por provocar alta mortalidad de ninfas (Saldarriaga, 2014). En México, también se han reportado varias cepas de *M. anisopliae* y *B. bassiana* e *I. fumosorosea* asociados a la mortalidad de *D. citri* (Sánchez *et al.*, 2015).

Por otro lado, los intervalos en la evaluación de la acción de estos organismos con relación a *Diaphorina*, son variables: Subandiyah *et al.*, (2000) reportaron mortalidad en laboratorio a los seis días después de la aplicación. Padulla y Alves (2009) reportan mortalidad de 54 a 72% a los siete días de aplicación. Mientras que Avery *et al.*, (2009) probaron la infectividad y transferencia horizontal de *I. fumosorosea* entre individuos de *D. citri*. En el bioensayo usaron hoja despegada, rociaron $1.2 - 1.7 \times 10^3$ blastosporas/mm² sobre secciones de hojas de cítricos o sobre etiquetas plásticas de color amarillo; la mortalidad causada por *I. fumosorosea* al adulto del psílido, ocurrió a los 4.9 ± 0.21 a 6.1 ± 0.37 días, después de exponerlo al patógeno. En el mismo estudio, la tasa de colonización de *I. fumosorosea* sobre los adultos fue de 8 días después de la aplicación. Hoy *et al.* (2010) realizaron bioensayos en laboratorio con una cepa de *I. fumosorosea* aislada de cadáveres de insectos adultos de *D. citri* encontradas en campo; los psílicos adultos fueron asperjados con esporas a 28°C con una CL₅₀ de 8.8×10^5 esporas mL⁻¹ y CL₉₉ de 2.2×10^8 esporas mL⁻¹ con un tiempo letal (TL₅₀) de 192 horas (8 días). Stauderman *et al.*, (2012) en ensayos de laboratorio con cepas de *I. fumosorosea* contra *D. citri*, reportaron hasta el 100% de insectos muertos a concentraciones entre 10^6 y 10^7 blastosporas mL⁻¹ después de 12 días, con valores de CL₅₀ entre 1.4×10^5 y 2.0×10^6 blastosporas mL⁻¹ a los 7 días postratamiento. Los hongos





entomopatógenos pueden ser el principal factor de mortalidad de *D. citri* si las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo.

El manejo del HLB se realiza a través de tres estrategias: erradicación, uso de material vegetal certificado y control del vector. Para esta última, los Comités Estatales de Sanidad Vegetal realizan aplicaciones regionales para su control. El objetivo principal de este documento es informar los resultados de las aplicaciones regionales en el manejo del HLB en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán, con el fin de detectar puntos de mejora en las aplicaciones regionales.

Materiales y Métodos

Se siguió el procedimiento de Lizondo *et al.*, (2014). El número de días para evaluar la mortalidad de las ninfas y adultos de *D. citri* fue determinada según reportes previos (Subandiyah *et al.*, 2000; Padulla y Alves, 2009; Avery *et al.*, 2009; Stauderman *et al.*, 2012). En ese sentido, el intervalo de evaluación se definió en 8 días después de la aplicación en campo.

En Chiapas y Tabasco, los tratamientos se definieron a partir de las especificaciones de la estrategia operativa de la campaña contra el Huanglongbing de los cítricos de acuerdo con la circular No. 110 de la DGSV - SENASICA, con fecha 17 de noviembre de 2016. Mientras que, en Campeche, Quintana Roo y Yucatán, fue conforme a la Circular No. 127 de diciembre de 2016. En cada evento, se incluyeron un tratamiento testigo (agua+coadyuvante), un testigo absoluto (sin aplicación) y alguno de interés regional (Cuadro 1).

Para cada tratamiento se eligieron 10 árboles en un esquema lineal, en cada árbol se seleccionó un brote infestado con al menos 50 ninfas y una longitud máxima de 10 cm y estar libre de hormigas, para evitar alteraciones en la evaluación (Lizondo *et al.*, 2014). Los tratamientos fueron aplicados por los productores y supervisados por los Organismos Auxiliares de Sanidad vegetal (OASV) en horas con condiciones ambientales adecuadas; se permitió que los brotes se secaran antes de cubrirlos con bolsas de tela de tul de 20 cm x 30 cm.





A los 7 días, los brotes fueron colectados y, al día siguiente, se contabilizó el total de ninfas y adultos vivos y muertos, con el uso de un estereoscopio. Con la prueba chi-cuadrada, usando el programa R, se determinaron las diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 1. Sitios y tratamientos evaluados para el control de *D. citri*.

Municipio	Fecha aplicación	Tratamiento (I.A)	Coadyuvante/ Mezcla	Tipo de bomba
Huimanguillo, Tabasco	20/04/2017	Abamectina	Aceite mineral	Mochila, motor y turbina
		Testigo Abamectina (Solo aceite mineral)	No aplica	Motor
		Clorpirifos	Agua	Motor y turbina
		Testigo Clorpirifos (Solo agua)	No aplica	Motor
		Testigo absoluto (Sin aplicación)	No aplica	No aplica
Oxkutzcab, Yucatán	08/06/2017	Aceite	No aplica	No aplica
		Agua	No aplica	No aplica
		<i>Isaria</i>	Aceite	Motor con Boquilla
		<i>Isaria</i>	Aceite	Mochila manual
		<i>Isaria</i>	Aceite	Motor
		Sales	Agua	Motor
		Testigo absoluto	No aplica	No aplica
Acala, Chiapas	10/10/2017	Agua	No aplica	No aplica
		<i>Beauveria bassiana</i>	Aceite	Motor
		<i>Beauveria bassiana</i>	Aceite	Motor
		Buprotezín	No aplica	Motor
		Buprotezín	No aplica	Motor
		Imidacloprid	No aplica	Motor
		Testigo absoluto	No aplica	No aplica
Othón P. Blanco, Quintana Roo	24/08/2017	Aceite	Agua	Motor
		Agua	No aplica	Motor
		Testigo absoluto	No aplica	No aplica
Campeche, Campeche	03/10/2017	Aceite	No aplica	Motor
		Agua	No aplica	Motor
		<i>Isaria</i> (BMB)	Aceite	Motor
		<i>Isaria</i> (BMV)	Aceite	Motor con Boquilla
		Testigo absoluto	No aplica	No aplica
Sacalum, Yucatán	06/11/2017	Aceite	Agua	Motor
		<i>Isaria</i>	Aceite	Motor
		Testigo absoluto	No aplica	No aplica
José María Morelos, Q. Roo	13/11/2017	Aceite	Agua	Motor
		<i>Isaria</i>	Aceite	Motor
		Testigo absoluto	No aplica	No aplica



Resultados y Discusión

El objetivo de la actividad fue aportar elementos, a los OASV involucrados en el proyecto “Impacto de las ARCOs en el manejo del HLB para Chiapas, Tabasco y Península de Yucatán”, sobre la efectividad de las aplicaciones encaminadas a reducir las poblaciones de *D. citri*; todo ello, con el fin de detectar puntos de mejora en las aplicaciones regionales. Cabe mencionar que para Tabasco y Chiapas no se evaluaron entomopatógenos, sin embargo, se siguió la misma metodología para evaluar esta actividad de los OASV, como parte del manejo contra el HLB.

La mortalidad de *D. citri* en los cinco estados en que se realizó el estudio (2016-2017), varió en función de los productos evaluados y equipos de aplicación usados (Figuras 1 a la 6). En Tabasco los porcentajes de mortalidad más altos se obtuvieron con Clorpirifos (48%) y Abamectina (41%), ambos aplicados con mochila motorizada (Figura 1).

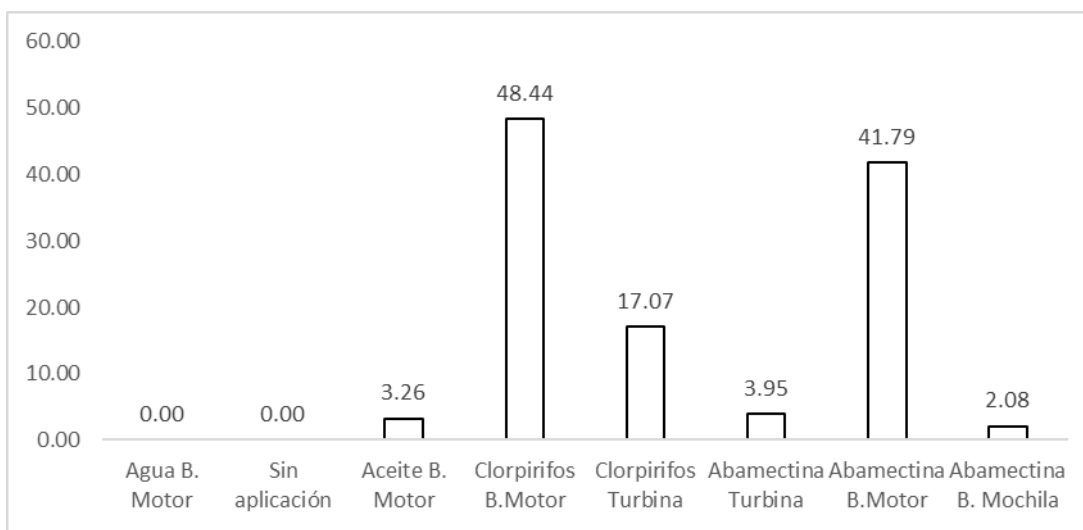


Figura 1. Mortalidad de *D. citri* (%) en el ARCO de Tabasco en abril de 2017, de acuerdo con el equipo de aplicación y producto usado (B. Motor = Bomba de mochila motorizada de bazuca, B. Mochila = Bomba de mochila manual).

En Chiapas, la aplicación incluyó a imidacloprid como producto principal, el cual mostró una mortalidad media de 67%; sin embargo, se incluyeron otros productos, entre ellos la hormona de crecimiento Buprofezin con una mortalidad media superior de 60% (Figura 2).

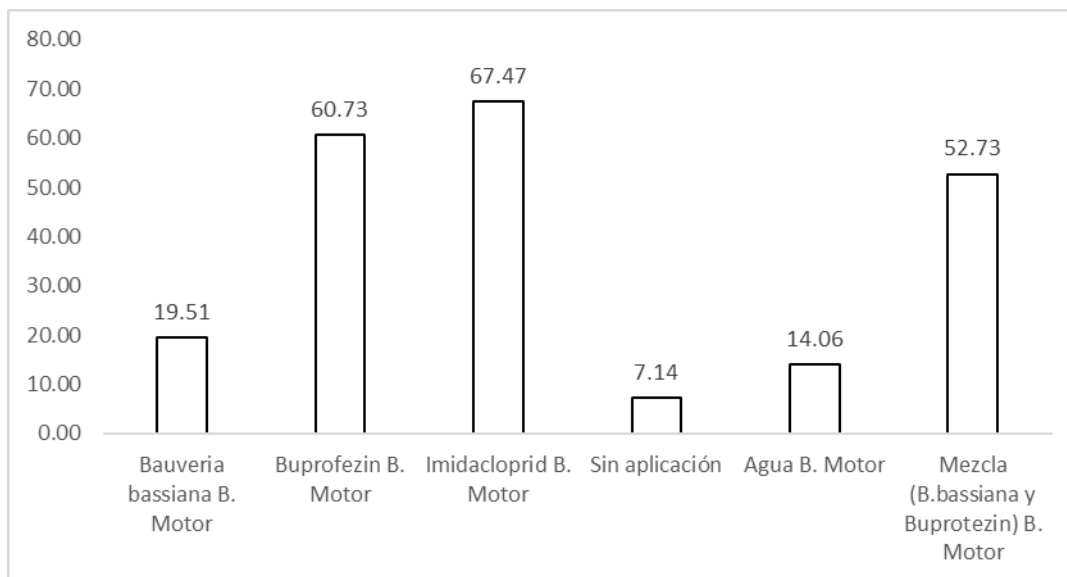


Figura 2. Mortalidad de *D. citri* (%) en el ARCO de Chiapas en octubre de 2017, en función del producto usado (B. Motor = Bomba de mochila motorizada de bazuca).

En Quintana Roo, el aceite aplicado en agosto de 2017, indujo 1.6% de mortalidad, mientras que *I. javanica* lo hizo en 12.8 %, en el mes de noviembre. Algún elemento cambió en la aplicación de aceite que no mostró la misma efectividad que en agosto (Figura 3).

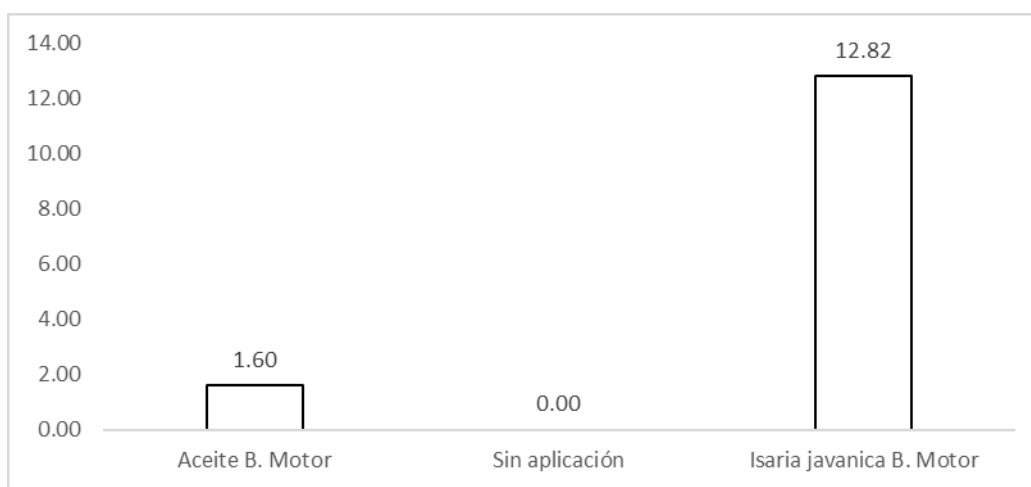


Figura 3. Mortalidad de *D. citri* (%) en el ARCO de Quintana Roo por efecto del aceite aplicado en agosto de 2017 e *Isaria javanica* en noviembre 2017 (B. Motor = Bomba de mochila motorizada de bazuca).

En Campeche, la mortalidad registrada fue de 38% para aceite y de 21% para *I. javanica* (Figura 4).

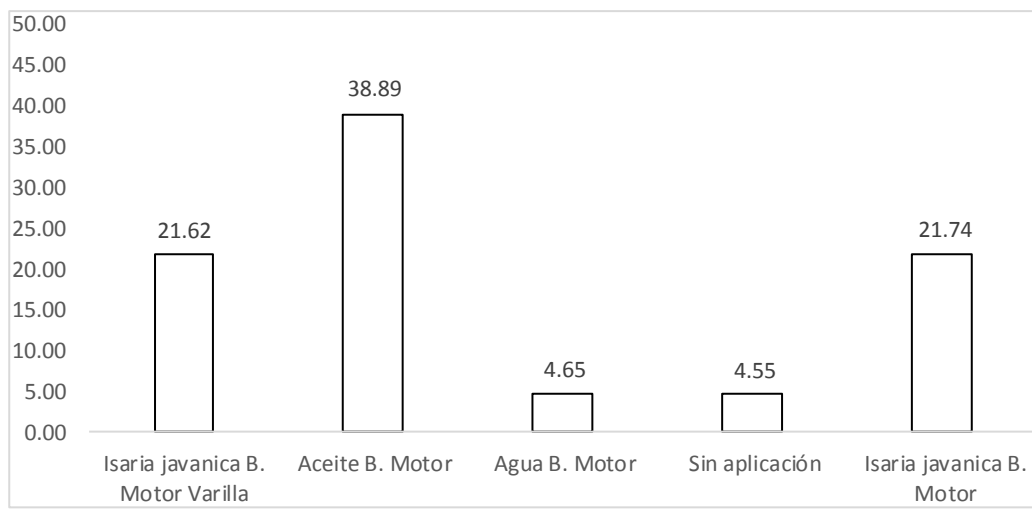


Figura 4. Mortalidad de *D. citri* (%) en el ARCO de Campeche en octubre de 2017, de acuerdo con el equipo de aplicación y producto usado (B. Motor = Bomba de mochila motorizada de bazuca y B. Motor Varilla = Bomba de mochila motorizada con varilla)

En Yucatán, donde se aplicaron tres productos con tres equipos diferentes, destacan la mortalidad media obtenida con aceite (61%) e *Isaria* (38%), ambos asperjados con mochila motorizada (Figura 5).

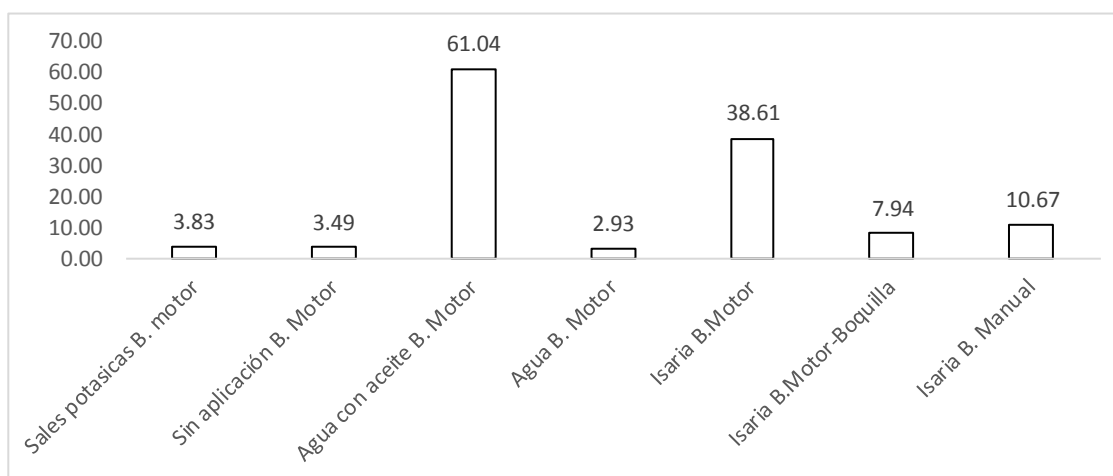


Figura 5. Mortalidad de *D. citri* (%), en el Arco de Yucatán en junio de 2017, en respuesta a la aplicación de *Isaria javanica* (B. Motor = Bomba de mochila motorizada de bazuca, B. Manual= Bomba de mochila manual).

En Yucatán se realizó una segunda aplicación en el mes de noviembre de 2017, con *Isaria javanica* en una formulación en aceite asperjada con mochila motorizada (Figura 6). En las aplicaciones de hongos entomopatógenos, se detectó una baja efectividad sobre las



poblaciones de *D. citri*. Entre los factores que pueden intervenir en esta respuesta puede ser el porcentaje de humedad relativa en las fechas de aplicación; pues en junio cuando la humedad relativa fue mayor, *Isaria* indujo mayor mortalidad, en comparación de cuando se aplicó en noviembre, cuando la humedad relativa fue menor.

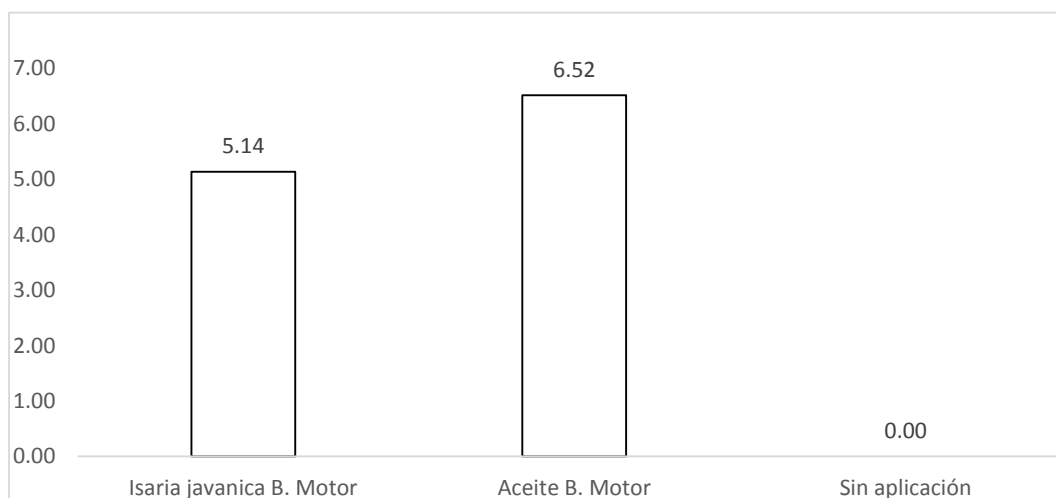


Figura 6. Mortalidad de *D. citri* (%), durante el mes de noviembre de 2017, por efecto de la aplicación de *Isaria javanica* en Sacalum, Yucatán (B. Motor = Bomba de mochila motorizada de bazuca).

Conclusión

La mortalidad de *D. citri* difirió en los ARCOs de los estados en que se realizó el estudio, así como por el equipo de aplicación, con tendencia a una mayor efectividad cuando los productos se asperjan con bomba de motor; mientras que *Isaria javanica*, logró mayor mortalidad del vector, cuando la humedad relativa fue mayor.

Literatura citada

Avery PB, Hunter WB, Hall DG, Jackson MA, Powell A, Rogers M. 2009. *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) infection and dissemination of the entomopathogenic fungus *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) under laboratory conditions. Florida Entomologist 92(4):608-618.





- Conceschi, M. R.; D'Alessandro, C. P.; de Andrade, R.; Garcia, C.; Delalibera, I. 2016. Transmission potential of the entomopathogenic fungi *Isaria fumosorosea* and *Beauveria bassiana* from sporulated cadavers of *Diaphorina citri* and *Toxoptera citricida* to uninfected *D. citri* adults. *BioControl* 61:567–577.
- Hoy MA, Singh R, Rogers M. 2010. Evaluation of a novel isolate of *Isaria fumosorosea* for control of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: *Psyllidae*). *Florida Entomologist* 93(1): 24-32.
- Lizondo M, Martínez D, Pérez D, Augier L, Gastaminza G. 2014. Eficacia de Harier en el control de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *Liviidae*) en cítricos del noroeste argentino. In "IV Simposio Nacional y I Congreso Latinoamericano de Citricultura", Salto, Uruguay.
- Padulla L. F. L y S. B. Alves SB. 2009. Suscetibilidade de ninfas de *Diaphorina citri* a fungos entomopatogênicos. *Arq. Inst. Biol., São Paulo* 76(2):297-302.
- Saldarriaga, J. J. 2014. Desenvolvimento de estratégias para incorporaç o de fungos entomopatogênicos no manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: *Liviidae*) na cultura dos citros. Tese de Doutorado em Ciencias – Entomologia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brazil.
- Sánchez J., Mellin M., Arredondo H., Vizcarra N., González A. y Montesinos N. 2015. Psilido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera-psilidae). In: Arredondo H y L Rodríguez. Casos de control biológico en México Vol. II Editorial bba. pp 339-372.
- Stauderman K, Avery P, Aristizábal L, Arthurs S. 2012. Evaluation of *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae) for control of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Biocontrol Science and Technology* 22 (7):747-761.
- Subandiyah S, Nikoh N, Sato H, Wagiman F, Tsuyumyu S, Fukatsu T. 2000. Isolation and characterization of two entomopathogenic fungi attacking *Diaphorina citri* (Hom optera: Psylloidea) in Indonesia. *Mycoscience* 41: 509–513.





RESULTADOS DEL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DE LA RESISTENCIA AL VECTOR DEL HLB EN LOS ESTADOS CITRÍCOLAS DE MÉXICO

Francisco Osorio Acosta³⁸⁶, Juan A. Villanueva Jiménez^{386*}, Laura Ortega Arenas³⁸⁷, Víctor H. García Méndez³⁸⁷, Ulises Díaz Zorrilla³⁸⁸, Jacqueline Luna Olivares³⁸⁶, Sherell Zamora Juárez³⁸⁶, Rosaura Jose Pablo³⁸⁶, Gonzalo Luna Olivares³⁸⁶ y Rocío Liliana Aguirre Hernández³⁸⁶

Resumen

A partir de la implementación de Áreas Regionales de Control para realizar hasta dos aplicaciones al año de insecticidas contra *Diaphorina citri*, vector del Huanglongbing de los cítricos, se implementó un Programa Nacional de Monitoreo de la Resistencia a este insecto en los 24 estados citrícolas de México. Se utilizaron bioensayos tópicos con diluciones en acetona de insecticidas grado técnico. Después de coleccionar adultos de *D. citri* del campo, se sometieron 20 adultos contra la Dosis Discriminante (dosis que mata al 95% de la población y multiplicada por tres) de clorpirifos, dimetoato, cipermetrina, abamectina e imidacloprid, más un testigo solo con acetona, con cuatro o más repeticiones. Se evaluó la mortalidad a las 24 h. Las poblaciones de insectos de 19 estados citrícolas de México aún son susceptibles a cuatro de los cinco insecticidas evaluados. La abamectina mostró pérdida de susceptibilidad mayor al 5% en 14 estados, mientras que clorpirifos mostró pérdida de susceptibilidad en la muestra de insectos de un estado, dimetoato de dos, cipermetrina de tres y clorpirifos de cuatro estados citrícolas en 2018.

Palabras clave: Resistencia a insecticidas, susceptibilidad a insecticidas, ARCOs, *Diaphorina citri*, Huanglongbing.

³⁸⁶ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Programa de Posgrado en Agroecosistemas Tropicales, Veracruz, México. (*Autor: javi@colpos.mx)

³⁸⁷ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Programa de Posgrado en Fitosanidad-Entomología, Estado de México, México.

³⁸⁸ INIFAP, Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco, Veracruz, México.





Introducción

Desde el establecimiento de las Áreas Regionales de Control como estrategia operativa de la Campaña contra el Huanglongbing y su vector (Mora-Aguilera *et al.*, 2014), se sabía de la alta probabilidad del desarrollo de la resistencia en las poblaciones de *Diaphorina citri*, al realizar aplicaciones en miles de hectáreas en todo el país con un mismo o limitado número de ingredientes activos. Incluso, reportes anteriores de insectos provenientes de un vivero en Michoacán, México (Tiwari *et al.*, 2011) y de Florida, EUA (Vázquez-García *et al.*, 2013), presentaron indicios fuertes de la potencial escalada de pérdida de susceptibilidad a las moléculas que se manejaban en la campaña, en especial porque los productores realizan aplicaciones adicionales, además de las dos anuales que, en general, se han realizado como parte de la campaña en el territorio citrícola (SENASICA, 2018).

El fenómeno de la resistencia de los insectos a los insecticidas está bien establecido. Técnicamente, se define a la resistencia como la habilidad complementaria y hereditaria propia de un individuo o un conjunto de ellos, que los capacita fisiológica y etológicamente a bloquear la acción tóxica de un insecticida por medio de mecanismos metabólicos y no metabólicos, con lo que serán capaces de sobrevivir a la exposición de una dosis que para otros sería letal (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez, 1994). Dependiendo de la especie y del tóxico al que se confrontan, así como de la historia previa de las poblaciones locales a las aplicaciones, es como se expresará la falta de susceptibilidad del insecto, medido en la DL_{50} (dosis letal que elimina al 50% de la población) de cada tóxico.

En ocasiones, la presencia de resistencia en las poblaciones a nivel de la DL_{50} no significa una falla relevante en la mortalidad de insectos ante una aplicación en campo. Esto se explica porque no toda la población es aun resistente, o porque la dosis comercial es bastante más alta que aquella necesaria para matar al 95% de la población. Así, cuando ya se detectan fallas de control en el campo, la resistencia sería de una magnitud varias veces mayor a la DL_{50} . A pesar de que la DL_{50} es la forma más adecuada para medir la resistencia, para su cálculo se requiere evaluar cinco o más dosis (que eliminen entre el 5 y el 95% de la población), un testigo y al menos tres repeticiones, para cada insecticida y cada población. Y a pesar de todo el esfuerzo para realizar el bioensayo, tal y como se describió líneas arriba,





resulta inadecuado relacionar directamente a la DL_{50} con las fallas de campo (Lagunes-Tejeda y Vázquez-Navarro, 1994).

Un indicador práctico, y que está más relacionado con las fallas en campo es la Dosis Discriminante (DD) (Lagunes-Tejeda *et al.*, 2009). Para nuestro estudio, se define a la DD como el valor de la DL_{95} obtenido a un tóxico con una colonia susceptible, y que se ha multiplicado por tres ($DL_{95} \times 3$) para garantizar que, si dicha dosis del tóxico se enfrentara a una población aun susceptible, su mortalidad debería ser de 95% o superior (García *et al.*, 2017). A diferencia de un bioensayo clásico para determinar resistencia, una DD permite dilucidar con una sola dosis del tóxico (apoyada con un testigo y al menos cuatro repeticiones), si la población presente en el cultivo de interés será susceptible o no a dicho tóxico. Si en el bioensayo de DD la mortalidad es inferior a 95%, es probable que las aplicaciones en campo comiencen a ejercer niveles bajos de control. Se puede considerar que una aplicación en campo es exitosa cuando la mortalidad rebasa el 80%; aun sin considerar la susceptibilidad del insecto al tóxico, una aplicación no alcanzaría el 100% de efectividad debido a diversos factores ambientales, operacionales y de calidad del producto. En general, si una población comienza a presentar valores bajos de DD, se esperaría que en campo el control fuera cercano o menor al 80% (García *et al.*, 2017).

A partir de 2016, la Dirección General de Sanidad Vegetal encargó al equipo de trabajo que presenta este documento, el monitoreo de la resistencia (o la falta de susceptibilidad) de poblaciones de insectos recolectadas en al menos uno de las ARCOs de cada estado citrícola, apoyado por la Campaña contra el HLB y su Vector. Por tanto, el objetivo de este trabajo es presentar los resultados preliminares más relevantes obtenidos con el Programa Nacional de Monitoreo de la Resistencia a Insecticidas del Vector del HLB en los estados citrícolas de México.

Materiales y Métodos

Los bioensayos de susceptibilidad se realizaron mediante la aplicación tópica de una concentración conocida de cada insecticida diluido en acetona grado analítico, sobre el pronoto del insecto. Para la evaluación de cada dosis de un insecticida, se utilizaron 20





adultos del insecto vector por repetición. Para ello se recolectaron adultos de *D. citri* en cultivos de limón mexicano, naranja o lima Persa en las ARCOs indicadas en el Cuadro 1. Posteriormente, los adultos se anestesiaron con CO₂ por 2 min para facilitar la aplicación de los tratamientos. Los adultos se transfirieron con un pincel en el envés de un disco de hoja joven de limón mexicano, naranja o lima Persa, colocada en una caja Petri de 4 cm de diámetro que contenía una base de agar-agar (2%); la caja se cubrió con su tapa que contenía una ventana de malla de tergal para su aireación. Se aplicaron 0.2 µl insecto⁻¹ de cada solución insecticidas con una jeringa manual de repetición para cromatografía Hamilton® de 10 µl, acoplada a un microaplicador Hamilton®. Las cajas con los insectos se mantuvieron a una temperatura de 25±2°C y a 70±10% de humedad relativa. La mortalidad se registró 24 h después de la aplicación (Figura 1).

Cuadro 1. Áreas Regionales de Control (ARCOs) en México donde se recolectaron los adultos de *Diaphorina citri* para verificar su susceptibilidad a insecticidas. 2018.

Núm.	LOCALIDAD, MUNICIPIO, ESTADO	ARCO	ESPECIE DE CÍTRICO
1	Tecomán, Tecomán, COLIMA	01	Limón Mexicano
2	Los Parajes, Huejutla, HIDALGO	03	Naranja Valencia
3	Ejido El Tablero, Padilla, TAMAULIPAS	03	Naranja Valencia
4	Rivera Las Flechas, Chiapa de Corzo, CHIAPAS	04	Lima Persa
5	Ejido de Teras, Cajeme, SONORA	03	Naranja Valencia
6	Granjenales, General Terán, NUEVO LEÓN	02	Naranja Valencia
7	La Parota, Buenavista, MICHOACÁN	05	Limón Mexicano
8	Francisco Zarco, Ensenada, BAJA CALIFORNIA	02	Limón
9	Valle de Santiago, Comandú, BAJA CALIFORNIA SUR	01	Naranja Valencia
10	El Refugio, Ciudad Fernández, SAN LUIS POTOSÍ	03	Naranja Valencia
11	Tlaltizapán, MORELOS	01	Lima Persa
12	Emiliano Zapata, Oxkutzcab, YUCATÁN	01	Lima Persa
13	Kankabchén, José María Morelos, QUINTANA ROO	01	Lima Persa
14	Poblado C-41, Huimanguillo, TABASCO	01	Lima Persa
15	San Antonio Sahcabchén, Calkiní, CAMPECHE		Limón Persa
16	Cañizo, Martínez de la Torre, VERACRUZ	01	Lima Persa
17	Aguateno, Acateno, PUEBLA	02	Lima Persa
18	El Rayo, Arroyo Seco, QUERÉTARO	01	Naranja Valencia
19	Jalpa, Jalpa, ZACATECAS	01	Lima Persa





Figura 1. Proceso de aplicación de insecticidas. a) Vaciado de agar-agar en caja Petri; b) corte de disco de hoja cítrica; c) disco de hoja en base agar-agar; d) adultos de *D. citri* en puntas colectoras, y e) insectos anestesiados con CO₂; f) adultos en caja Petri; g) llenado de jeringa con producto, y h) aplicación de insecticida sobre el pronoto del insecto.

Se incluyó un testigo tratado exclusivamente con acetona grado analítico. Cada tratamiento se repitió cuatro o más veces. Un insecto se consideró muerto si no presentaba actividad locomotora al estimularlo con un pincel entomológico. Se obtuvieron los porcentajes de mortalidad corregida, así como los promedios y desviación estándar para cada uno de los tratamientos evaluados. Para la corrección de mortalidad se utilizó la fórmula de Abbott (1925), para lo cual no se aceptó mortalidad en el testigo superior a 12%. Las DD utilizadas (Cuadro 2) se obtuvieron de una colonia susceptible de *D. citri* que se ha mantenido en cría en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo (García *et al.*, 2017).



Cuadro 2. Dosis Discriminantes (DL₉₅ x 3) utilizadas para evaluar la susceptibilidad de adultos de *Diaphorina citri* a cinco insecticidas en México. 2018.

INSECTICIDA	GRUPO TOXICOLÓGICO	DOSIS DISCRIMINANTE (DD) (% ingrediente activo)	DD (ng insecto ⁻¹)
clorpirifos	Organofosforado FH-SM	0.0085	5.68
dimetoato	Organofosforado FA-SM	0.0090	7.50
cipermetrina	Piretroide	0.0013	0.90
avermectina	Abamectina	0.0180	12.00
imidacloprid	Neonicotenoide	0.0015	0.99

Resultados y Discusión

La mortalidad corregida promedio ocasionada por la aplicación de las Dosis Discriminantes de los cinco insecticidas a los adultos de *D. citri* colectados en huertas citrícolas de 19 estados y un traspatio, así como los obtenidos en la colonia susceptible, se presentan en el Cuadro 3. De estos resultados, destaca una reducción en la mortalidad ocasionada por abamectina en más de 5% en 14 estados (excepto en Baja California Sur, Nuevo León, Michoacán y Yucatán), lo cual pudiera ser un indicativo que este insecticida se ha usado demasiado contra ácaros y minadores, además del uso contra *D. citri*. También es probable que esta molécula, la cual originalmente fue un eficaz acaricida, se haya forzado en su uso como insecticida contra *D. citri*, por tener un margen muy cercano de su DL₉₅ a la dosis comercial, lo que haría que cualquier falla preliminar de mortalidad se reflejara en una disminución en la respuesta a la Dosis Discriminante.

Por otro lado, resalta que para los restantes cuatro insecticidas, se detectó una pérdida de susceptibilidad mayor a 5% a imidacloprid en insectos recolectados en un estado (Veracruz), dos con dimetoato (Michoacán y Morelos), tres con cipermetrina (Veracruz, Puebla, y Quintana Roo) y clorpirifos (Veracruz, Campeche en huertas y traspatio, y Tabasco). Se confirma que el estado que muestra menor susceptibilidad a los insecticidas evaluados es Veracruz, que solo mostró susceptibilidad normal a dimetoato. Morelos, Puebla, Quintana Roo, Campeche (en huerta y traspatio) y Tabasco mostraron pérdida de la susceptibilidad a dos insecticidas. Solo dos muestras de insectos recolectadas en Veracruz (abamectina) y Quintana Roo (cipermetrina) mostraron valores por debajo de 80%, y 12 bioensayos presentaron mortalidades por debajo de 90% (Cuadro 3).





Cuadro 3. Mortalidad corregida de adultos de *D. citri* a la Dosis Discriminante de cinco insecticidas en 2018: avances para 19 estados citrícolas.

Origen de los insectos	Porcentaje de mortalidad (%)				
	clorpirifos	dimetoato	cipermetrina	abamectina	imidacloprid
COLONIA SUSCEPTIBLE	98.5	98.4	98.4	98.4	98.5
BAJA CALIFORNIA	100.0	99.4	100.0	92.6	94.4
BAJA CALIFORNIA SUR	100.0	100.0	100.0	93.2	93.6
SONORA	100.0	96.4	99.3	90.7	100.0
QUERÉTARO	100.0	96.4	99.3	90.7	100.0
ZACATECAS	100.0	100.0	99.0	97.0	100.0
COLIMA	100.0	100.0	95.9	92.3	100.0
MICHOACÁN	100.0	92.8	100.0	97.5	96.4
MORELOS	94.2	91.6	100.0	89.0	96.6
VERACRUZ	80.7	99.1	85.1	77.2	92.1
PUEBLA	92.3	100.0	91.4	90.1	97.9
HIDALGO	100.0	100.0	96.3	87.0	95.2
SAN LUIS POTOSÍ	100.0	100.0	100.0	91.6	100.0
TAMAULIPAS	100.0	98.6	99.1	87.5	100.0
NUEVO LEÓN	100.0	94.0	97.5	94.0	100.0
YUCATÁN	100.0	98.6	97.3	98.7	97.9
QUINTANA ROO	100.0	100.0	77.9	80.6	100.0
CAMPECHE	89.6	100.0	94.5	88.7	100.0
CAMPECHE TRASPATIO	91.4	98.8	98.6	88.2	99.2
TABASCO	85.6	99.4	95.0	82.9	97.3
CHIAPAS	100.0	95.0	98.8	88.8	98.8

También se confirmó que los insectos provenientes de la mayor zona citrícola de México, el estado de Veracruz, son los que muestran una mayor pérdida de susceptibilidad (García-Méndez *et al.*, 2016), probablemente por la gran cantidad de aplicaciones que realizan los productores, sin tener claro las posibilidades de rotación de productos y manejo de la resistencia a estos tóxicos.

Estos resultados pueden guiar a los Comités Técnicos para el control del HLB y su vector para tomar decisiones respecto a qué insecticida utilizar, con base en la susceptibilidad (o pérdida de la misma) en las regiones citrícolas más relevantes de los estados evaluados. Aún falta evaluar durante 2018, la susceptibilidad a insecticidas de adultos de *D. citri* procedentes de cinco estados (Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Oaxaca y Guerrero).





Conclusiones

En general, los bioensayos contra adultos de *Diaphorina citri* mostraron que las colonias de 19 estados citrícolas de la República Mexicana aún son susceptibles a cuatro de los cinco insecticidas evaluados. En 2018, los adultos de *D. citri* en 14 estados, mostraron pérdida de susceptibilidad mayor al 5% a la abamectina, mientras que en un estado perdieron susceptibilidad al clorpirifos, en dos al dimetoato y en tres a la cipermetrina y al clorpirifos.

Agradecimientos

A la SAGARPA, el SENASICA-DGSV, y los Comités Estatales de Sanidad Vegetal de Veracruz y Chiapas por los recursos otorgados para realizar el estudio.

Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- García M., V. H., L. D. Ortega A., J. A. Villanueva J., H. Sánchez A., A. Lagunes T. y J. Lara R. 2017. Detección de resistencia de *Diaphorina citri* (Hemíptera: Liviidae) a insecticidas en Áreas Regionales de Control. pp. 2502-2508. In: Vinay V., C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., A. Ríos U., M. V. Vázquez H. 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-2017. INIFAP. CP. UV. UACH. AVC. ITBOCA. ITUG. ITSH. UPH. Medellín, Ver., México. Año 1, Núm. 1, 2633p.
- García-Méndez, V. H., L. D. Ortega-Arenas., J. A. Villanueva-Jiménez y H. Sánchez-Arroyo. 2016. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemíptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. Agrociencia 50(3): 355-365.





- Lagunes-Tejeda, A. y J. A. Villanueva-Jiménez. 1994. Toxicología y Manejo de Insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 264p.
- Lagunes-Tejeda, A. y M. Vázquez- Navarro. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 195p.
- Lagunes-Tejeda, A., J. C. Rodríguez-Maciel y J. C. de Loera-Barocio. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. *Agrociencia* 43(2): 173-196.
- Mora-Aguilera, G., P. Robles-García., J. I. López-Arroyo., J. Flores-Sánchez., G. Acevedo-Sánchez., S. Domínguez-Monge. 2014. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Rev. Méx. Fitopatol.* 32(2): 108-119.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria Estrategia operativa de la campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. 2018. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/302344/Estrategia_HLB_2018_ver15_Feb018_ConAnexos.pdf (consultado el 17 de septiembre de 2018).
- Tiwari, S., R. S. Mann., M. E. Rogers., and L. L. Stelinski. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. *Pest Manage. Sci.* 67: 1258-1268.
- Vázquez-García, M., J. Velázquez-Monreal, V. M. Medina-Urrutia, C. de J. Cruz-Vargas, M. Sandoval-Salazar, G. Virgen-Calleros, and J. P. Torres-Morán. 2013. Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in Central West Mexico. *Southwest. Entomol.* 38: 579-596.





DINÁMICA DE LA RESISTENCIA DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE) A INSECTICIDAS EN ÁREAS REGIONALES DE CONTROL EN VERACRUZ, MÉXICO

Víctor Hugo García Méndez³⁸⁹, Laura Delia Ortega Arenas³⁸⁹, Juan Antonio Villanueva Jiménez³⁸⁹,
Joel Lara Reyna³⁸⁹, Ángel Lagunes Tejeda³⁸⁹ y Hussein Sánchez Arroyo³⁸⁹

Resumen

Con objeto de integrar una estrategia de manejo regional de insecticidas, se planteó como objetivo determinar la dinámica de la resistencia de *D. citri* a cinco insecticidas, en tres ARCOs de Veracruz, México, durante dos años de estudio. Los resultados indican que los adultos de *D. citri* muestran susceptibilidad diferencial a los cinco insecticidas evaluados y ésta fue variable en función del ARCO estudiado y momento de evaluación. De los insecticidas evaluados sólo el imidacloprid resultó efectivo en las tres ARCOs evaluadas, puesto que los insectos mostraron susceptibilidad al mismo. También se evidenció la tendencia de aumento en la tolerancia del PAC a abamectina en ARCO de Cuitláhuac y Martínez, y alto potencial de resistencia de los insectos en las tres ARCO de Veracruz a clorpirifos, metomilo y cipermetrina, que indica la posibilidad de la presencia de genes de resistencia en las poblaciones, debido a una constante presión de selección con dichos ingredientes activos. Es imprescindible el monitoreo de la resistencia, antes de la aplicación de cualquier producto químico para el control de *D. citri* en Veracruz, a fin de evitar fracasos en su control y retrasar hasta donde sea posible el desarrollo de su resistencia.

Introducción

Ante la detección del Huanglongbing (HLB)-*Diaphorina citri* en México, se estableció la estrategia de manejo que se basa en tres aspectos fundamentales; la detección y eliminación oportuna de árboles enfermos, el empleo de plantas producidas en viveros certificados y el

³⁸⁹ Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. ladeorar@colpos.mx.





control del insecto vector en Áreas Regionales de Control (ARCOs) (Robles-García, 2012). En este último, se contempla la aplicación regional de insecticidas en periodos cortos definidos, con base a las épocas biológicamente justificadas con el objetivo de evitar la dispersión de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas) (SENASICA, 2018). Sin embargo, la decisión de que producto aplicar, fuera de los períodos oficiales establecidos, ha recaído en el productor, quién por lo general, ante la presencia de la plaga-enfermedad y la fluctuación de precios de los cítricos en el mercado, hace uso intensivo y en mezclas de insecticidas, aumentando la presión de selección y apresurando el desarrollo de resistencia múltiple; favoreciendo con ello, que en un momento dado, ningún insecticida sea efectivo, con las conocidas consecuencias económicas y sociales asociadas a dicho problema (Ortega, 1998; García-Méndez *et al.*, 2016). Existen referencias que documentan que *D. citri*, el Psílido Asiático de los Cítricos (PAC), tiene la capacidad de sobrevivir a la aplicación de varios productos utilizados para su control, sobre todo de aquellos que comparten al menos un mecanismo de resistencia y que fueron utilizados anteriormente para controlar otras plagas de cítricos (Vázquez-García *et al.*, 2013; García-Méndez *et al.*, 2016). En estos estudios, también se ha confirmado que la aparición de fenotipos resistentes, está íntimamente relacionada con el tiempo de exposición de la plaga a los insecticidas (Tiwari *et al.*, 2013).

En los programas de manejo integrado de plagas es importante detectar, lo más pronto posible, cambios en la susceptibilidad hacia un insecticida determinado en poblaciones de campo para evitar aplicaciones innecesarias y alargar la vida útil de los insecticidas disponibles (Georghiou y Mellon, 1983; Ortega, 1998; Díaz-Zorrilla *et al.*, 2011), además de que puede facilitar el uso de medidas opcionales de control, incluyendo el uso de sinergistas, rotación o secuencia de insecticidas o el uso de agentes de control biológico.

Con objeto de integrar una estrategia de manejo regional de insecticidas, se planteó como objetivo determinar la dinámica de la resistencia de *D. citri* a insecticidas en tres ARCOs del estado de Veracruz.





Materiales y Métodos

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo durante dos años, en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo en Texcoco, México y en tres ARCOs de Veracruz 7, 3 y 11 de Álamo, Cuitláhuac y Martínez de la Torre, respectivamente, que atiende el personal del CESVVER.

Poblaciones de *Diaphorina citri*

La investigación consistió en evaluar la respuesta de cuatro poblaciones de *Diaphorina*: una "susceptible" ("COLPOS") y tres de campo (Álamo, Cuitláhuac y Martínez de la Torre) durante dos años (2016 y 2017). La colonia de *D. citri* susceptible, que se ubica en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y que se estableció en 2009 a partir de adultos provenientes del municipio de Cazones, Veracruz, se ha mantenido libre de exposición a insecticidas y ha sido criada en invernadero ($25 \pm 5^{\circ}\text{C}$, $60 \pm 5\%$ de humedad relativa y fotoperiodo natural) sobre plantas de naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) como planta hospedera.

Para la reproducción de la colonia, ~2500 adultos de PAC se introdujeron en jaulas entomológicas de madera cubiertas con malla fina, en cuyo interior se colocaron ocho plantas de naranjo que sirvieron como sustrato para su alimentación y oviposición. Los adultos se mantuvieron sobre las plantas durante una semana para permitir la cópula y oviposición, después se retiraron con un aspirador bucal. Las plantas con huevos se trasladaron a otra jaula y se dio seguimiento visual hasta que los insectos completaron su ciclo de vida, los adultos recién emergidos se utilizaron en los bioensayos o sirvieron para infestar nuevas plantas.

Las poblaciones de campo fueron recolectadas en diferentes tiempos y años en huertos de cítricos. En Álamo en huertos de naranjo (ARCO 7) y en Cuitláhuac (ARCO 3) y Martínez de la Torre (ARCO 11), en huertos de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.). En todos los casos se habían detectado problemas de falta de efectividad de algunos productos en campo. Esta actividad se hizo en colaboración con personal técnico del CESVVER y productores quienes participaron en la recolección de las muestras. En cada ocasión y para contar con suficientes adultos para realizar las pruebas, se hicieron recorridos en varias huertas hasta obtener





suficientes adultos para realizar los ensayos. Los adultos se confinaron en pequeños aspiradores en grupos de 20 individuos y se trasladaron en una hielera al lugar donde se realizaron las evaluaciones.

Insecticidas

Se evaluaron cinco de los insecticidas grado técnico utilizados para el control de PAC (SENASICA, 2018). La siguiente descripción incluye el nombre del ingrediente activo, modo de acción, así como el porcentaje de pureza (IRAC, 2018): a) abamectina (avermectina, modulador alostérico del canal de cloro dependiente del glutamato, 95 %); b) cipermetrina (piretroide, modulador del canal de sodio, 92 %); c) clorpirifos (organofosforado, inhibidor de la acetilcolinesterasa, 94 %); d) imidacloprid (neonicotinoide, modulador competitivo del receptor nicotínico de la acetilcolina, 98 %) y e) metomilo (carbamato, inhibidor de la acetilcolinesterasa, 90 %). El neonicotinoide fue donado por Bayer de México y los demás productos por Tridente de México. Las diluciones de los insecticidas se realizaron con acetona grado analítico (Reasol[®]).

Bioensayos

Para realizar los bioensayos se utilizó el método tópico descrito por Tiwari *et al.* (2011). Los aspiradores con los adultos se colocaron dentro de bolsas plásticas y se anestesiaron con CO₂ por 35 s, para facilitar la aplicación de los tratamientos (Mann *et al.*, 2012). Con la ayuda de un pincel de pelo de camello, los adultos se colocaron en el envés de un disco de hoja de naranjo colocado previamente dentro en una caja Petri (Ø 4.0 cm), que contenía una base de 3 mm de agar-agar (Merck[®]) diluido al 1.5 %; la caja fue cubierta con malla fina para mantenerla ventilada. Los insecticidas (0.2 µL) se aplicaron sobre el tórax de cada individuo mediante una jeringa Hamilton serie 1700 de 10 µL acoplada a un dispensador PB-600 de la misma marca. Después de aplicar los tratamientos, las cajas se mantuvieron a 25±5°C, 60±5 % de humedad relativa y un fotoperiodo 12:12 h. La mortalidad se registró 24 h después de la aplicación, considerando como muertos a los adultos derribados que no reaccionaron al ser estimulados con las cerdas del pincel.

Primero se realizó una ventana de respuesta biológica para determinar la mortalidad causada por cada ingrediente activo en los insectos, dentro de un rango entre el 0 y 100 %, con





aplicaciones de dosis seriadas (0.1-0.0000001 %). Para cada dosis se hicieron tres repeticiones, con sus respectivos testigos, a los que sólo se les aplicó acetona. Posteriormente, dentro del rango de mortalidad mencionado, se seleccionaron las dosis para realizar el bioensayo completo.

El diseño del bioensayo fue completamente al azar, se hicieron nueve tratamientos con cinco repeticiones, con una unidad experimental de 20 adultos, lo que hizo un total de 900 insectos tratados por insecticida. En cada tratamiento se incluyó un testigo donde a los 20 insectos se les aplicaron 0.2 μ L de acetona sola. La mortalidad causada por los insecticidas se registró 24 h después del tratamiento. Con la mortalidad mostrada en el testigo se ajustó la de los otros tratamientos mediante la fórmula de Abbott (1925).

Los resultados de mortalidad ajustada, expresadas en nanogramos de ingrediente activo por insecto (ng IA insecto⁻¹), se sometieron a un análisis Probit (Finney, 1971) mediante el software estadístico PoloPlus (LeOra Software, 2016) para obtener las líneas base de la dosis letal que causó mortalidad en el 50% (DL₅₀) y el 95% (DL₉₅) de la población, con sus respectivos límites fiduciales (LF) con 95% de confiabilidad, así como la pendiente de la línea de regresión con su error estándar ($b \pm ee$) y el valor de la chi al cuadrado (χ^2) para la prueba de ajuste a la línea de regresión.

Resultados y Discusión

La resistencia de las plagas a los insecticidas ha sido una de las limitantes técnicas más importantes que impiden el avance de los programas de control de vectores. Es importante realizar este tipo de estudios para conocer la susceptibilidad de las poblaciones de campo a los diferentes insecticidas.

Los adultos de *D. citri* mostraron susceptibilidad diferencial a los cinco insecticidas evaluados (Cuadro 1) y esta fue variable en función del ARCO estudiado y momento de evaluación. El factor de resistencia (FR) para cada insecticida evaluado (Cuadro 1), estimado con los valores de la CL50 de la población de campo comparada con los valores de la CL50 de la población susceptible, indica alta susceptibilidad de la población Álamo (ARCO 7) a los





insecticidas abamectina (1.5X y 2X), cipermetrina (1X y 2X), e imidacloprid (1X y 1X) para 2016 y 2017, respectivamente, debido a que los valores fueron semejantes a los de la población susceptible (COLPOS), y hubo un marcado traslape de los límites de confianza. Sin embargo, en lo que se refiere a clorpirifos y metomilo, el FR50 estimado fue de 12.2X y 25X y 3.1X y 9X, respectivamente. Ello indica una actividad importante de genes de resistencia en el PAC de Álamo, aspecto que se confirmó con la separación de los límites de confianza entre la población de COLPOS y Álamo, que indican alta tolerancia por parte de los adultos de la población de campo para sobrevivir a la acción de dichos productos (Cuadro 1). En cambio, el factor de resistencia (FR) para las poblaciones de Cuitláhuac (ARCO 3) indicó susceptibilidad sólo para los insecticidas imidacloprid (2X y 1.2X) y metomilo (3.6X y 1.3X) y resistencia a clorpirifos (60X y 30X), abamectina (14X y 13X) y cipermetrina (1X y 14X). Por otra parte, la población de Martínez (ARCO 11) resultó susceptible a imidacloprid (10X y 1.4X), tolerante a metomilo (11.8X y 4X) y resistente a abamectina (1.6X y 20X) y clorpirifos (80X y 57X) (Cuadro 1).

Los resultados del estudio claramente demuestran que las poblaciones de *D. citri* responden a la selección de los insecticidas empleados para su control y que esta respuesta es dinámica a través del tiempo. Mediante los bioensayos se logró obtener un panorama del estado de susceptibilidad de las poblaciones *D. citri* en tres ARCOs de Veracruz, México, lo que permitió inferir que de los insecticidas evaluados sólo el imidacloprid puede utilizarse en las tres ARCOs evaluadas, debido a que los insectos mostraron susceptibilidad a éste.





Cuadro 1. Toxicidad de insecticidas en adultos de *D. citri* provenientes de una población susceptible y tres de las Áreas Regionales de Control de Álamo (ARCO 7), Cuitláhuac (ARCO 3) y Martínez de la Torre (ARCO 11) de Veracruz, México, durante dos años de estudio.

Insecticida		Susceptible	Poblaciones Álamo (ARCO 7)	
			2016	2017
Abamectina	DL ₅₀ (LF)	0.7 (0.5-0.9)	1.1 (0.8-1.4)	1.4 (1-1.8)
	b±ee	2.7±0.2	2.8±0.1	1.3±0.1
	FR	1	1.5	2
Cipermetrina	DL ₅₀ (LF)	0.1(0.09-0.2)	0.1(0.09-0.2)	0.2(0.1-0.3)
	b±ee	3±0.2	3.2±0.2	1.5±0.1
	FR	1	1	2
Clorpirifos	DL ₅₀ (LF)	0.6(0.5-0.7)	7.3(5.6-10.2)	14.8(12-18)
	b±ee	2.6±0.2	1.3±0.1	1.4±0.1
	FR	1	12.2	25
Imidacloprid	DL ₅₀ (LF)	0.05 (0.04-06)	0.07 (0.05-0.8)	0.05(0.040.06)
	b±ee	1.9±0.1	2.7±0.2	1.3±0.1
	FR	1	1	1
Metomilo	DL ₅₀ (LF)	1.1(0.9-1.2)	3.4 (2.8-4.1)	10 (8-13)
	b±ee	3.2±0.3	1.7±0.1	1.6±0.1
	FR	1	3.1	9
Insecticida		Susceptible	Poblaciones Cuitláhuac (ARCO 3)	
			2016	2017
Abamectina	DL ₅₀ (LF)	0.7 (0.5-0.9)	10 (8.5-11.7)	9.3 (7.5-11.4)
	b±ee	2.7±0.2	3.6±0.2	1.4±0.1
	FR	1	14	13
Cipermetrina	DL ₅₀ (LF)	0.1(0.09-0.2)	0.1(0.08-0.2)	1.4 (1.1-1.7)
	b±ee	3±0.2	2.8±0.2	1.9±0.1
	FR	1	1	14
Clorpirifos	DL ₅₀ (LF)	0.6(0.5-0.7)	36(26-50)	18 (14-22)
	b±ee	2.6±0.2	1±0.1	1.4±0.1
	FR	1	60	30
Imidacloprid	DL ₅₀ (LF)	0.05 (0.04-06)	0.14 (0.08-0.2)	0.06(0.05-0.08)
	b±ee	1.9±0.1	2.3±0.1	1.4±0.07
	FR	1	2	1.2
Metomilo	DL ₅₀ (LF)	1.1(0.9-1.2)	4 (3.1-5.0)	2.8 (2.1-3.6)
	b±ee	3.2±0.3	1.9±0.1	1.1±0.1
	FR	1	3.6	1.3





Continúa Cuadro 1...

Insecticida		Susceptible	Poblaciones Martínez (ARCO 11)	
			2016	2017
Abamectina	DL ₅₀ (LF)	0.7 (0.5-0.9)	1.2 (0.9-1.4)	14 (10.3-18.5)
	b±ee	2.7±0.2	2.9±0.1	1.2±0.1
	FR	1	1.6	20
Cipermetrina	DL ₅₀ (LF)	0.1(0.09-0.2)	1.8(1.3-2.3)	0.4(0.3-0.5)
	b±ee	3±0.2	2.3±0.1	1.1±0.1
	FR	1	18	4
Clorpirifos	DL ₅₀ (LF)	0.6(0.5-0.7)	48(38-59)	34(25-45)
	b±ee	2.6±0.2	1±0.1	1.3±0.1
	FR	1	80	57
Imidacloprid	DL ₅₀ (LF)	0.05 (0.04-0.06)	0.5 (0.4-0.6)	0.07(0.06-0.1)
	b±ee	1.9±0.1	1±0.1	0.9±0.06
	FR	1	10	1.4
Metomilo	DL ₅₀ (LF)	1.1(0.9-1.2)	13 (10.2-17.4)	4.4(3.1-6)
	b±ee	3.2±0.3	2.2±0.1	1.1±0.1
	FR	1	11.8	4

DL₅₀= dosis letal mediana expresada en ng IA insecto⁻¹. LF= límites fiduciales al 95% de confiabilidad. b±ee= pendiente de la línea de regresión con error estándar asociado. FR= factor de resistencia, cociente de la división entre DL₅₀ de ARCO y la DL₅₀ de la susceptible.

También se evidenció la tendencia de aumento en la tolerancia del PAC a abamectina en el ARCO de Cuitláhuac y Martínez, lo cual es preocupante debido a que este insecticida es el que ahora se propone como base de las aplicaciones regionales en el país (SENASICA, 2018). Históricamente la abamectina se ha utilizado para controlar otras plagas de cítricos, más específicamente para ácaros que causan daño directo al fruto (Bergh *et al.*, 1999), por lo que una posible causa de la falta de efectividad de abamectina, documentada en este estudio, puede obedecer a una presión de selección indirecta en poblaciones de *D. citri*, con este ingrediente activo. Lo mencionado anteriormente es un indicativo de que los estudios de susceptibilidad deben incluir a todos los productos disponibles, estén o no, autorizados para la plaga objetivo.

Por otro lado, la disminución de la susceptibilidad de los insectos, en las ARCOs de Veracruz, a clorpirifos, metomilo y cipermetrina, indica la posibilidad de la presencia de individuos resistentes en las poblaciones debido a una constante presión de selección con dichos ingredientes activos (Tiwari *et al.*, 2011); razón por la cual debe evitarse su uso en la





zona, con el fin de propiciar la presencia de individuos susceptibles. Cabe mencionar que es posible disminuir la resistencia de poblaciones de *D. citri*, suspendiendo el uso de cipermetrina, clorpirifos e imidacloprid durante un año (Coy *et al.*, 2016).

Especial interés debe dedicarse al imidacloprid pues, aunque resultó ser el más tóxico y consecuentemente el más efectivo para el combate del PAC, es un producto que últimamente, se le ha asociado a la disminución y colapso de las colonias de abejas y otros apoideos, por lo que conviene seguir investigando la conveniencia de usarlo como base del combate químico de esta plaga (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2018).

Conclusiones

Los adultos de *D. citri* mostraron susceptibilidad diferencial a los cinco insecticidas evaluados, la cual estuvo en función del ARCO estudiado y momento de evaluación. En Álamo (ARCO 7), las poblaciones de *D. citri*, durante dos años de estudio, se mantienen susceptibles a los insecticidas abamectina, cipermetrina e imidacloprid y muestran tolerancia a clorpirifos y metomilo. En cambio, las poblaciones de Cuitláhuac (ARCO 3) y Martínez (ARCO 11) muestran susceptibilidad sólo a imidacloprid, tolerancia a metomilo y resistencia a clorpirifos, abamectina, y cipermetrina. La disminución de la susceptibilidad de los insectos en las ARCOs de Veracruz a clorpirifos, metomilo, abamectina y cipermetrina, se asocia a una constante presión de selección con dichos ingredientes activos.

Agradecimientos

Al CONACyT por la beca otorgada para la realización de los estudios de doctorado del primer autor y al grupo técnico del CESVVER y productores citrícolas de Álamo, Cuitláhuac y Martínez de la Torre, Ver., por las facilidades para realizar del estudio en sus parcelas y el apoyo logístico en la recolección de insectos.





Literatura Citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Bergh, J. C., D. Rugg, R. K. Jansson, C. W. McCoy and J. L. Robertson. 1999. Monitoring the susceptibility of citrus rust mite (Acari: Eriophyidae) populations to abamectin. *J. Econ. Entomol.* 92(4): 781-787.
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. 2018. Efectos de los Neonicotinoides en las Abejas y Regulaciones de la Unión Europea, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Chile. Asesoría Técnica parlamentaria. Suplemento N° 114651. 6 p.
- Boina, D., R., E. O. Onagbola, M. Salyani, and L. L. Stelinski. 2009. Antifeedant and sublethal effects of imidacloprid on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Pest Manage. Sci.* 65: 870–877.
- Coy, M. R., L. Bin and L. L. Stelinski. 2016. Reversal of insecticide resistance in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Fla Entomol* 99: 26–32.
- Díaz-Zorrilla, U., H. Cabrera-Mireles, J. A. Villanueva-Jiménez, F. D. Murillo-Cuevas, y J. I. López-Arroyo. 2011. Selección de insecticidas y épocas de aplicación para el control del psílido asiático en limón persa en Veracruz. Folleto Técnico No 6. INIFAP, México 16 p.
- Finney, D.J. (1952). *Biological Method in Biological Assay*. Ch. Griffin & Co., London.
- García-Méndez, V. H., L. D. Ortega-Arenas, J. A. Villanueva-Jiménez, y H. Sánchez-Arroyo. 2016. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia* 50: 355–365.
- Georghiou, G. P., and R. B. Mellon. 1983. Pesticide resistance in time and space. *In*: Georghiou G. P., and T. Saito (eds). *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press, New York. pp: 1-46.
- IRAC. 2018. Mode of Action Classification Scheme. Insecticide Resistance Action Committee. Issue May 2018, Version 8.4. 26 p.
- Mann, S. R, S. Tiwari, J. M. Smoot, L. R. Rouseff, and L. L. Stelinski. 2012. Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). *J. Appl. Entomol.* 136: 1-10.





- Ortega A., L. D. 1998. Resistencia de *Bemisia argentifolii* a insecticidas: Implicaciones y estrategias de manejo en México. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 49: 10-25.
- Robles-García, P. 2012. Protocolo para establecer Áreas Regionales de Control del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos (ARCOs). [mx/?doc=9364](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/302344/Protocolo_ARCOs.pdf) [Consulta: 8 de julio de 2018].
- Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2018 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/302344/Estrategia_HLB_2018_ver15_Feb018_ConAnexos.pdf [Consultado: 1 abril 2018].
- Tiwari, S., R. S. Mann, M. E. Rogers, and L. L. Stelinski. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. *Pest Manage. Sci.* 67: 1258-1268.
- Tiwari, S., N. Killiny, and L. L. Stelinski. 2013. Dynamic insecticide susceptibility changes in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 106: 393-399.
- Vázquez-García, M., J. Velázquez-Monreal, V. M. Medina-Urrutia, C. D. J. Cruz-Vargas, M. Sandoval-Salazar, G. Virgen-Calleros, and J. P. Torres Morán. 2013. Insecticide resistance in adult *Diaphorina citri* Kuwayama from lime orchards in Central West Mexico. *Southwest Entomol.* 38: 579–596.





EVALUACIONES DEL PARASITOIDE *Tamarixia radiata* Waterston (HIMENOPTERA: EULOPHIDAE) EN ESTADOS CITRÍCOLAS DE MÉXICO

María Dolores García Cancino³⁹⁰ y Hugo César Arredondo Bernal³⁹¹

Resumen

Como medida para fortalecer el control biológico del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *Liviidae*), se han liberado más de 51 millones del parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: *Eulophidae*), que han beneficiado a 18 de los 24 estados productores de cítricos en México. El Centro Nacional de Referencia de Control Biológico ha dado seguimiento a algunos sitios que se encuentran bajo liberación constante, con la finalidad de conocer el impacto y establecimiento del parasitoide en las zonas citrícolas en tratamiento. El parasitismo se ha determinado en valores que van desde el 3 hasta el 99% en muestras de 14 estados evaluados a través de 4 años consecutivos. En el estado de Tamaulipas, y Yucatán se han registrado las tasas de parasitismo más altas (96 y 99%) en sitios con liberación a diferencia de sitios evaluados sin liberación donde el parasitismo no supera el 50%.

Palabras clave: Liberaciones, Parasitismo, *Diaphorina citri*, Huanglongbing

Introducción

El Huanglongbing (HLB), es una enfermedad causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp., que ha causado la muerte de millones de árboles cítricos en el mundo. Esta bacteria es transmitida y diseminada principalmente por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (Bové, 2006), que desde su detección en México en el 2009 (Tizimín, Yucatán) se ha

³⁹⁰ LABSUR, Laboratorio Regional de Rep. Masiva de *Tamarixia radiata* del Sureste, Mérida, Yucatán, Méx. (*Autor: cancino.md@gmail.com).

³⁹¹ CNRCB, Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, Tecomán, Colima, Méx.)





distribuido en todos los estados citrícolas del país (Torres, *et al.* 2013, SINAVEF, 2018). En consecuencia, desde el año 2010 se implementó un programa de control biológico a través del uso del parasitoide *Tamarixia radiata* (Sánchez, *et al.* 2015), insecto entomófago capaz de reducir las poblaciones de *D. citri* en estado inmaduro. Tras estudios de investigadores de varios países se ha demostrado que las hembras adultas de *T. radiata* parasitan el 3°, 4° y 5° instar ninfal del psílido y también por hábitos alimenticios depredan cualquier estadio ninfal de su huésped (Chen y Stansly, 2014). Derivado de ello, el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, bajo la coordinación de la Dirección General de Sanidad Vegetal a través del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico-CNRF, han impulsado la reproducción masiva del parasitoide, primero en el estado de Colima y meses más tarde en Yucatán, produciendo 12 y 44 millones de parasitoides respectivamente durante el periodo julio 2010-julio 2018; estos himenópteros se han distribuido en 18 de los 24 estados citrícolas con reportes positivos de HLB (Sánchez-González, *et al.* 2015).

A partir del año 2017, solo el Laboratorio Regional ubicado en Mérida, Yucatán, opera bajo el mecanismo de producir y liberar *T. radiata* apoyado por los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, quienes a través de la operación de la Campaña Huanglongbing de los Cítricos hacen llegar los insectos benéficos de manera oportuna a los sitios con infestación de *D. citri*. Los estados de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Nayarit, Jalisco, Morelos, Hidalgo, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Baja California Sur, Sinaloa, Sonora y Veracruz han recibido en conjunto 51.3 millones de parasitoides adultos *T. radiata*, que representa al menos el 80% del total producido en los laboratorios. La liberación está dirigida a huertos abandonados, huertos comerciales inactivos, hospederos en traspatio, zonas urbanas y áreas de difícil acceso. Razón por la cual se han evaluado algunos sitios de liberación con el objetivo de conocer y determinar los niveles de parasitismo de *T. radiata* sobre *D. citri*, comparado con áreas donde no se libera.

Materiales y Métodos

En 2015 se inician las evaluaciones en los estados del sur-sureste de México, incluyendo a Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco, y Oaxaca; todos los sitios incluidos en este





programa fueron traspacios con liberación inoculativa realizada desde hace tres años. Se usó la metodología generada por el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico para evaluar las liberaciones del parasitoide (Moreno, *et al.* 2013). Consistió en la selección de tres localidades por estado con las mismas condiciones geográficas y climáticas. En áreas urbanas o traspacios el muestreo se realizó en diez plantas hospederas (cítricos o limonarias) por localidad, tomando en cuenta una distancia mínima de 50 metros entre hospederos seleccionados. De cada planta hospedera se tomó al azar tres brotes de 10 cm de largo con ninfas del tercer al quinto ínstar, mismos que se colocaron en un frasco, y así hasta obtener 30 brotes (10 frascos) por sitio evaluado; fueron debidamente registradas y etiquetadas. A cada frasco (muestra) se le añadió alcohol al 70% para asegurar el contenido de las ninfas para su análisis en laboratorio. Con ello fue posible conocer el porcentaje de parasitismo e infestación del sitio. Las ninfas de tercer al quinto ínstar se observaron bajo microscopio estereoscópico para determinar la presencia de cualquier estadio del parasitoide, mientras que el parasitismo avanzado se observó a través de la presencia de meconio en la ninfa muerta. Para determinar el nivel de parasitismo se divide el número de ninfas parasitadas entre el total de ninfas muestreadas y se multiplica por 100.

Posteriormente en 2016, se anexaron otros estados al programa de liberación y con ello se incluye la evaluación de sitios con seis meses y un año de tratamiento con liberación (CL), comparando dos sitios con respecto a un testigo sin liberación (SL). De acuerdo con las posibilidades de la operación del Laboratorio Regional se han integrado 74 sitios evaluados, comprendidos en 14 estados citrícolas de México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitios de liberación de *T. radiata* evaluados por estado.

Estado	Año	Municipio	Localidad	Condición del sitio	Tratamiento	Longitud	Latitud
TABASCO	2015	Cárdenas	Tierra Nueva	Traspatio	SL	N 17.70129	W-93.47448
			El Habanero	Traspatio	CL	N 17.96802	W-93.32678
	2016	Cárdenas	Tierra Nueva	Huerta	CL	N 17.70129	W-93.47448
			Jalpa de Méndez	Traspatio	CL	N 18.17624	W-93.06363
		Nacajuca	Nacajuca	Traspatio	SL	N 18.15670	W-93.01229
	2018	Cárdenas	El Habanero	Traspatio	CL	N 17.96076	W-93.32979
		Huimanguillo	J. M. Pino Suarez	Traspatio	CL	N 17.74787	W-93.65506
		Cárdenas	Francisco Villa	Traspatio	SL	N 17.97790	W-93.29669





Continúa Cuadro 1...

Estado	Año	Municipio	Localidad	Condición del sitio	Tratamiento	Longitud	Latitud	
Q. ROO	2015	José María Morelos	Kakabchem	Traspatio	SL	N 19.71614	W-88.85256	
			Santa Gertrudis Sánchez	Traspatio	CL	N 19.79921	W-88.77394	
	2017	José María Morelos	Zona Maya	Traspatio	CL	N 19.74360	W-88.71163	
			Chetumal	Chetumal	Traspatio	SL	N 18.49965	W-88.32607
YUCATÁN	2015	Sacalum	Planchac	Traspatio	SL	N 20.44098	W -89.63086	
			Sacalum	Traspatio	CL	N 20.49369	W -89.59398	
	2017	Samahil	Samahil	Urbano	CL	N 20.88407	W-89.88703	
			Ticul	Ticul	Traspatio	CL	N 20.39728	W-89.54119
			Chapab	Chapab	Traspatio	CL	N 20.45590	W-89.45512
			Mama	Mama	Traspatio	SL	N 20.47406	W-89.36356
CAMPECHE	2015	Campeche	Castamay	Traspatio	SL	N 19.84240	W-90.43247	
			Nohacal	Traspatio	CL	N 19.84094	W-90.27178	
	2016	Campeche	Nohakal	Traspatio	CL	N 19.65401	W-90.33511	
			Tenabo	Emiliano Zapata	Traspatio	CL	N 19.82306	W-90.15293
			Campeche	Tikinmul	Traspatio	SL	N 19.76587	W-90.2256
	2018	Campeche	Castamay	Traspatio	CL	N 19.83853	W-90.43081	
			Nohakal	Traspatio	CL	N 19.82281	W-90.15268	
			Tikinmul	Traspatio	CL	N 19.65394	W-90.33517	
			Nilchí	Traspatio	CL	N 19.76723	W-90.21963	
	Tenabo	Emiliano Zapata	Traspatio	CL	N 19.84228	W-90.27398		
Campeche	Chiná	Traspatio	SL	N 19.77082	W-90.49998			
OAXACA	2015	Villa de Tututepec	Camalotillo	Traspatio	SL	N 16.08736	W -97.67147	
			Tututepec	Traspatio	CL	N 16.13485	W-97.69015	
	2016	Villa de Tututepec	San José del Progreso	Huerta Limón	CL	N 16.08430	W-970548	
			Chacalapa	Traspatio	CL	N 16.06670	W-97.56700	
			Yuhuc	Traspatio	SL	N 16.09000	W-97.70620	
	2017	Santiago Jamiltepec	Río Verde	Huerta limón mex.	CL	N 16.13997	W-97.75437	
			Santa Rosa	Traspatio	CL	N 16.08967	W-97.67161	
		Villa de Tututepec	Villa de Tutu	Huerta	SL	N 16.15257	W-97.72935	
ZACATECAS	2016	García de la Cadena	García de la Cadena	Traspatio	CL	N 21.2102	W-103.4695	
		Juchipila	Juchipila	Traspatio	SL	N 21.42767	W-103.10793	
	2017	García de la Cadena	García de la Cadena	Traspatio	CL	N 21.20668	W-103.46252	





Continúa Cuadro 1...

Estado	Año	Municipio	Localidad	Condición del sitio	Tratamiento	Longitud	Latitud
ZACATECAS	2017	Juchipila	Juchipila	Traspatio	CL	N 21.41829	W-103.11330
		Jalpa	Jalpa	Traspatio	CL	N 21.68856	W-102.97531
		Mezquital del Oro	Mezquital del Oro	Traspatio	SL	N 21.21974	W-103.36136
MORELOS	2016	Tepalcingo	Campo Chopotillo	Huerta 1	CL	N 18.64684	W-98.97568
				Huerta 2	CL	N 18.64684	W-98.98533
				Huerta 3	CL	N 18.6412	W-98.98063
				Huerta 4	SL	N 18.64368	W-98.98553
				Huerta 5	SL	N 18.63821	W-98.98362
	2018	Tepalcingo	Zacapalco	Huerta 1	CL	N 18.64399	W-98.96074
Tlaltizapan		San Rafael	Traspatio	CL	N 18.63836	W-99.00485	
Cuautla		Tetelcingo	Traspatio	SL	N 18.86995	W-98.94382	
TAMAULIPAS	2016	Ciudad Victoria	Fracc. Adelita	Traspatio	CL	N 23.7446	W-99.1581
			Adolfo López mateos	Traspatio	CL	N 23.7491	W-99.1329
			Revolución Verde	Traspatio	CL	N 23.7441	W-99.1328
			Santa Engracia	Traspatio	SL	N 24.0219	W-99.2503
S.L.P	2017	Axtla	El Mirador	Huerta	CL	N 21.43888	W-98.87443
			Axtla, Centro.	Traspatio	CL	N 21.44885	W-98.83116
			Puhuitzé	Traspatio	SL	N 21.67508	W-99.06590
HIDALGO	2017	Huejutla	Huejutla	Traspatio	CL	N 21.08246	W-98.69300
			Tehuatlán	Traspatio	CL	N 21.05627	W-98.51449
			Xiquila	Traspatio	SL	N 21.07888	W-98.44136
B.C.S.	2017	Comondú	Puerto San Carlos	Traspatio	CL	N 24.79333	W-112.11119
			Cd. Insurgentes	Traspatio	CL	N 25.24399	W-111.77126
			Cd. Constitución	Traspatio	SL	N 25.03010	W-111.66639
NAYARIT	2017	Tepic	San Cayetano	Traspatio	CL	N 21.45096	W-104.81051
			Refugio	Traspatio	CL	N 21.41606	W-104.77638
			Camichin de Jauja	Traspatio	CL	N 21.46772	W-104.80042
		San Blas	El Izote	Traspatio	SL	N 21.51587	W-104.94361
JALISCO	2017	Atotonilco	Las Margaritas	Traspatio	CL	N 20.54494	W-102.51013
			El Portezuelo	Traspatio	CL	N 20.41343	W-102.52189
		Tototlán	Tototlán	Traspatio	SL	N 20.54325	W-102.78529
GUERRERO	2018	Acapulco	El Salto	Traspatio	CL	N 16.86997	W-99.76599
		San Marcos	Las Vigas	Huerta	CL	N 16.77637	W-99.19446
		Acapulco	Agua Caliente	Traspatio	SL	N 16.84211	W-99.64095





Resultados y Discusión

De los 24 estados afectados se han evaluado catorce, con al menos una repetición y se ha identificado el establecimiento del parasitismo al transcurrir seis meses de la liberación de los insectos. En 2015 se evaluaron principalmente los estados del sureste de México donde se han liberado cerca de 24 millones de parasitoides provistos por el Laboratorio Regional de Mérida, Yucatán. La zona citrícola de este estado, ha sido integrada en el programa de liberaciones desde el mes de abril de 2012 y se han liberado poco más de 14 millones de parasitoides. En el municipio de Ticul se han obtenido porcentajes que van del 33 al 99% de parasitismo en traspatios sobre plantas de limonaria (*Murraya paniculata* [L.] Jack) (Figura 1), en Samahil se registró en zona urbana 99% de parasitismo, en el municipio de Mama el 60% y en Chapab se evaluó un sitio sin liberación donde se obtuvo una oscilación del parasitismo del 30 al 66%. Se ha registrado la infestación, obteniendo un promedio de 4.5 ninfas/brote.

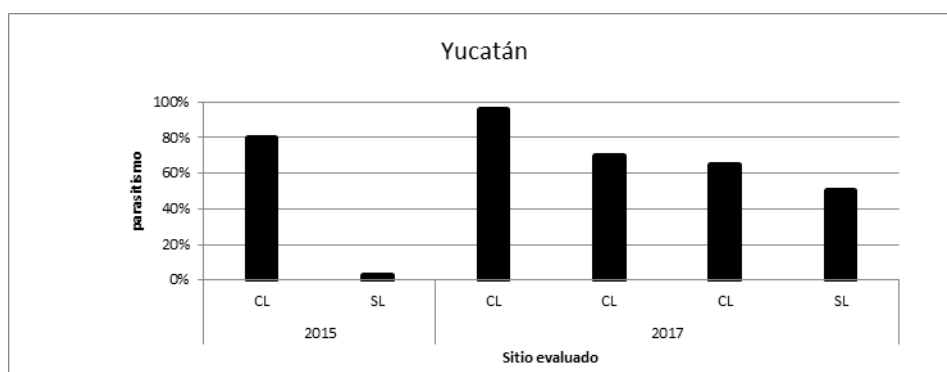


Figura. 1. Evaluación del parasitismo en Yucatán.

En Campeche se han liberado 3 millones de parasitoides. En el 2015 se evaluaron dos sitios en diferentes localidades: Nohakal tras 3 años de liberaciones mostró el 85% de parasitismo en la zona, mientras que Castamay que no recibía parasitoides obtuvo un 3%. Para el 2016 se revisaron tres sitios y se encontró en Nohacal un porcentaje de parasitismo del 52%, en la localidad de Emiliano Zapata se obtuvo 63.63 % y en Tikinmul sobre limón persa 17.5%. En 2018 se visitaron los seis sitios en seguimiento, encontrando en Castamay un 83.9%, Nohakal con 63.7%, Tikinmul 76.2%, Nilchí 78.1%, Emiliano Zapata con 55.9%, y en Chiná (sitio testigo) 46.4% (Figura 2). Durante el conteo se han observado larvas y pupas de *T. radiata*, así como orificios de emergencia del parasitoide. En general se observa un





incremento del parasitismo en todos los sitios visitados y un promedio de infestación por *D. citri* en los sitios con liberación de 5.1 ninfas/brote.

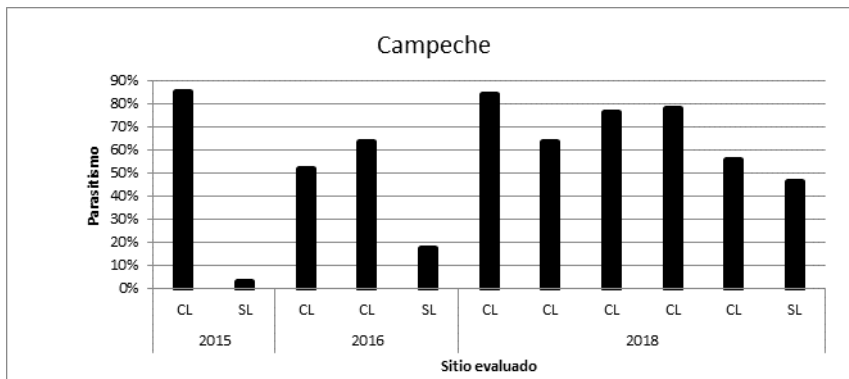


Figura 2. Evaluación del parasitismo en Campeche.

Quintana Roo mostró parasitismo de 24.46% en traspacios sobre plantas de limonaria (*Murraya paniculata*) para el sitio con liberación en la zona maya, mientras que en el pueblo de Huay-Pix, Chetumal, se obtuvo un 23.06% en traspacios sin liberación. El promedio de infestación fue de 18.7 ninfa/brote en zona maya y de 21 ninfas de *D. citri* por brote en sitios de Chetumal donde no se ha liberado (Figura 3).

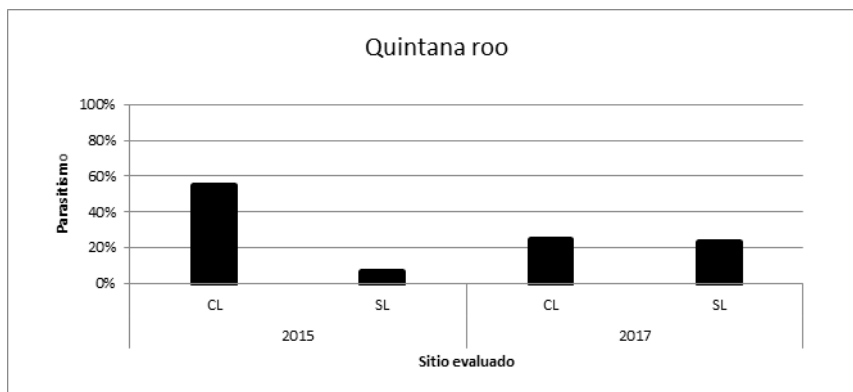


Figura 3. Evaluación del parasitismo en Q. Roo.

En Tabasco, en la época de primavera del 2016, se observó un parasitismo inicial del 25% en los dos sitios con liberación; la cantidad liberada fue en aumento en 2016 y 2017 recibiendo a la fecha 3.3 millones de parasitoides. Para 2018 se observó con facilidad los orificios de emergencia de *T. radiata* en las muestras analizadas, determinando un promedio





de parasitismo de 75.5% en el ejido El Habanero, Cárdenas, 73.9% en José María Pino Suarez, Huimanguillo, y 44.3% en el ejido Francisco Villa, Cárdenas (sitio testigo). El promedio de infestación de *Diaphorina citri* en los sitios con liberación fue de 30.7, 5.3 y de 36.4 ninfas/brote respectivamente. Se registró un aumento del parasitismo en la zona citrícola de Cárdenas y Huimanguillo, Tabasco (Figura 4).

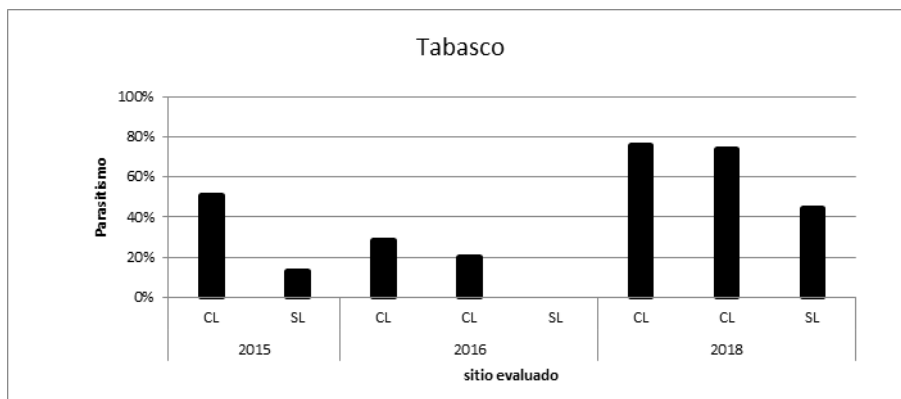


Figura 4. Evaluación del parasitismo en Tabasco.

En Oaxaca y Morelos se observan números bajos debido a que la aplicación es exclusiva para huertos comerciales con manejo de mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* Ashby, por lo que los traspatios reciben baja cantidad de parasitoides (Figuras 5 y 6). En Zacatecas también se ha notado un parasitismo bajo, mismo que se atribuye a que en 2016 existía un mayor número de hospederos cítricos en traspatios y para el siguiente año evaluado, estos hospederos ya no se encontraron (Figura 7).

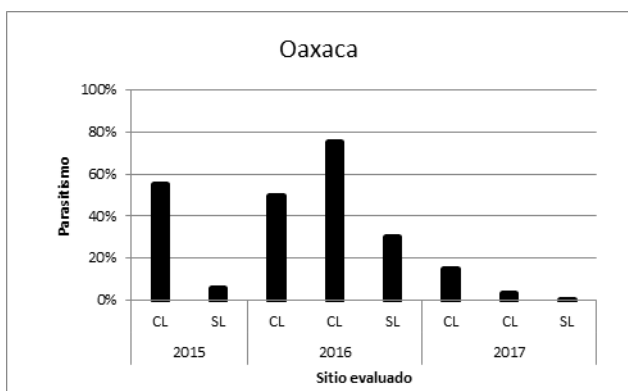


Figura 5. Evaluación del parasitismo en Oaxaca.

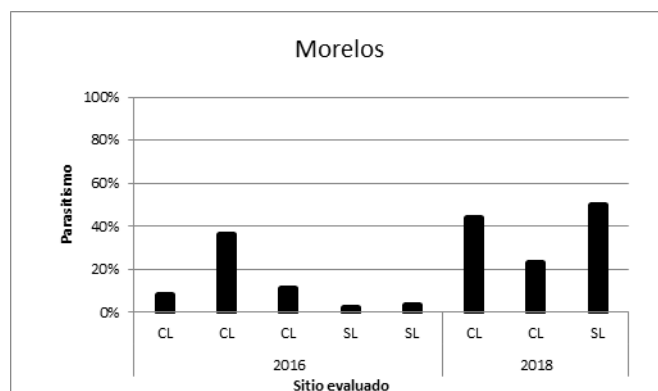


Figura 6. Evaluación del parasitismo en Morelos.



En el caso de Tamaulipas se observó un parasitismo del 96% tras dos años de liberaciones, mismo que contrasta con el testigo donde se obtuvo un 0.2 % (Figura 8), siendo este estado uno de los ejemplos más claros, donde la liberación del parasitoide ha tenido éxito.

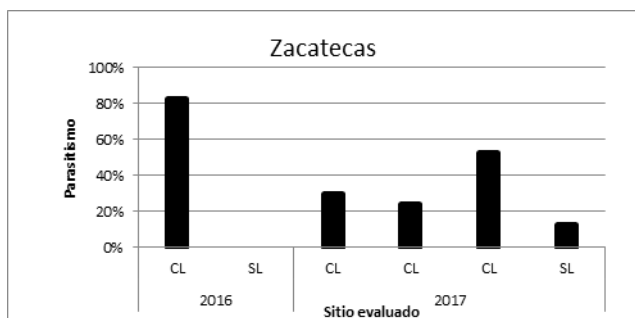


Figura 7. Evaluación del parasitismo en Zacatecas.

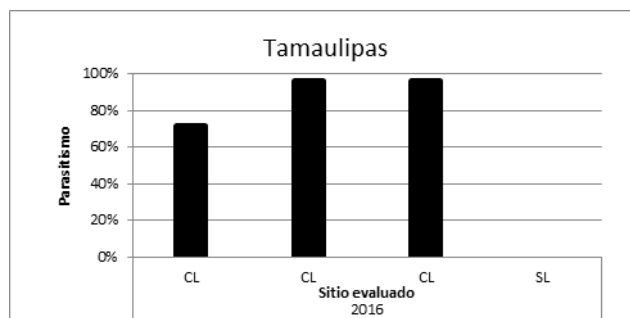


Figura 8. Evaluación del parasitismo en Tamaulipas.

Una situación similar se observó en Agua Caliente, Acapulco, Guerrero y Tetelcingo, Cuautla, Morelos, con porcentajes superiores al 40% de parasitismo en zonas sin liberación. Especulando al respecto, se infiere sobre posibles haplotipos que puedan encontrarse en estos sitios, cinco haplotipos han sido registrados en México, pero podrían estar mayormente distribuidos (González-Hernández, *et al.* 2010; Peña-Carrillo, *et al.* 2015), hasta el momento se manejan 14,550 sitios con liberaciones del parasitoide en traspatios dentro de las áreas regionales de control de psílido asiático de los cítricos (Robles, *et al.* 2012) y cada año se integran nuevos sitios al programa de liberaciones de *T. radiata*. Discutir particularmente la importancia de cada sitio se hace ineludible, ya que las condiciones geográficas, clima, precipitación, altura, temperatura y diversos parámetros ambientales podrían tener un efecto en el comportamiento de las poblaciones de ambos insectos (parasitoide y huésped), así como las técnicas utilizadas en su manejo.

San Luis Potosí, Hidalgo, Baja California Sur, Nayarit, Jalisco y Guerrero (Figuras 9-14), son los estados donde se ha realizado solo un levantamiento de muestras; sin embargo, el registro de este valor representa una referencia para su seguimiento.

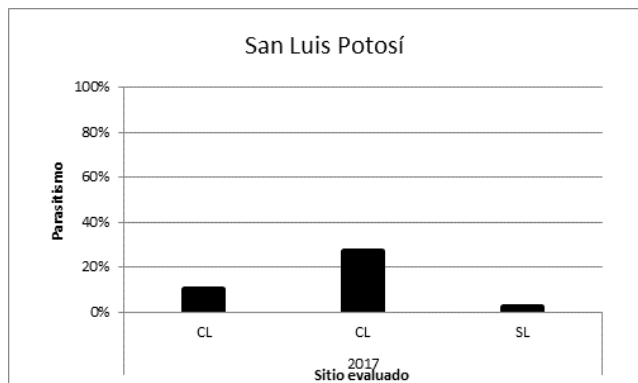


Figura 9. Evaluación del parasitismo en San Luis Potosí.

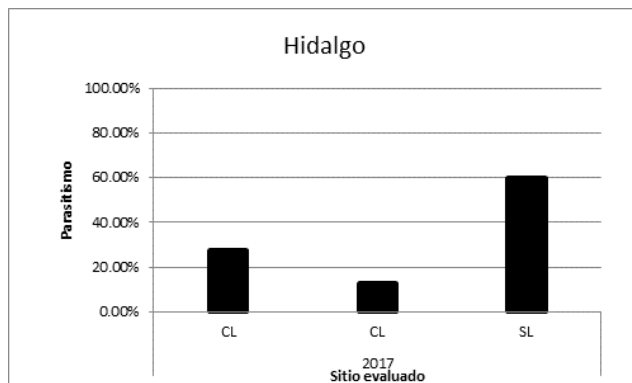


Figura 10. Evaluación del parasitismo en Hidalgo.

Este seguimiento ha permitido verificar que en los sitios sin liberación también existen colonias de parasitoides adaptadas a la región, tal es el caso del sitio Xiquila, Huejutla en Hidalgo, donde se analizaron cerca de 200 ninfas parasitadas y una actividad marcada por parte de adultos de *T. radiata*.

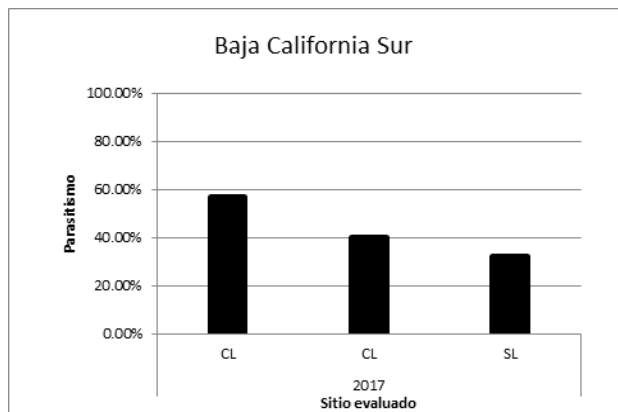


Figura 11. Evaluación del parasitismo en Baja California Sur.

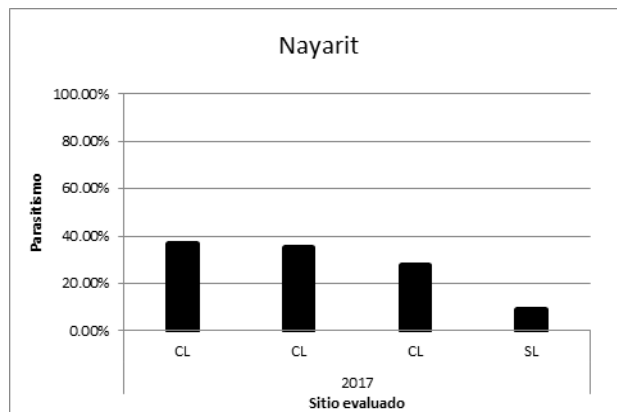


Figura 12. Evaluación del parasitismo en Nayarit.

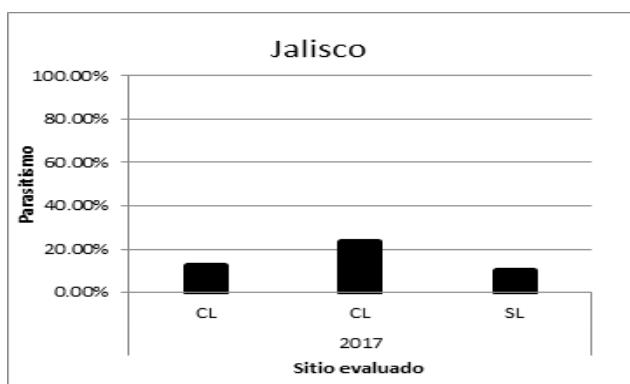


Figura 13. Evaluación del parasitismo en Jalisco.



Figura 14. Evaluación del parasitismo en Guerrero.





Conclusiones

Los resultados muestran un establecimiento de *Tamarixia radiata* en prácticamente todos los sitios donde se ha distribuido. El parasitismo se ubica del 18 al 99% en diversas regiones cítricas del país, por lo que resulta importante continuar con las liberaciones de reforzamiento y realizar esta actividad en nuevos sitios para favorecer el descenso de la población del psílido asiático de los cítricos; minimizando así, la posibilidad de pérdidas económicas a causa del Huanglongbing, en los estados cítricos de México.

Literatura citada

- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly emerging, century-old disease of citrus. *J. Plant Pathology* 88: 7-37.
- Chen X. y P. A. Stansly. 2014. Biology of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the Citrus Greening Disease Vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae): A Mini Review. *Florida Entomologist* 97 (4):1404-1413.
- González-Hernández, A., R. Canales-Castillo, J. I. López-Arroyo, O. K. Villanueva-Segura, H. C. Arredondo-Bernal, y J. Jasso-Argumedo. 2010. Variabilidad morfológica y genética de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del psílido asiático de los cítricos en México. In: Sánchez-Martínez, R., M. A. Miranda-Salcedo, H. J. Muñoz-Flores, M. B. L. Lara-Chávez, y V. M. Coria-Avalos, (Eds.), *Memorias del XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Noviembre de 2010, Uruapan, Michoacán, México. Pp. 259-267.
- Moreno-Carrillo, G., J. A. Sánchez-González y H.C Arredondo-Bernal. 2013. Avances en la evaluación de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en áreas urbanas de la región Pacífico Centro de México. Pp. 341-346. En: *Memoria del XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Noviembre de 2013, Oaxaca de Juárez, Oaxaca México.





- Peña- Carrillo, K.I., A. González-Hernández, J. I. López-Arroyo, R. Mercado-Hernández and S. Favela-Lara. 2015. Morphological and Genetic Variation in Mexican Wild Populations of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). Florida Entomologist. Volumen 98, (4): 1093-1100.
- Robles-García, P.L. 2012. Protocolo para establecer áreas regionales de control del psílido asiático de los cítricos (ARCOs). SAGARPA. SENASICA. SANIDAD VEGETAL. Ciudad de México.
- <http://www.siafeson.com/sitios/simdia/docs/protocolos/ProtocoloparaestablecerAreasRegionalesARCOSDICIEMBRE2012.pdf> [Consultado el 15 de septiembre de 2018].
- Sánchez-González, J. A., M. A. Mellín-Rosas, H. C. Arredondo-Bernal, N. I. Vizcarra-Valdez, A. González-Hernández y R. Montesinos-Matías. 2015. Psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). Pp. 339-372. En: Arredondo-Bernal, H. C. y L. A. Rodríguez-del-Bosque (Eds.), Casos de Control Biológico en México. Vol. 2, Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. Montecillo Estado de México, México.
- SINAVEF (Sistema Integral de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria). 2018. Vigilancia del Huanglongbing. SAGARPA. SENASICA. SANIDAD VEGETAL. Ciudad de México. <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/HLB.aspx> [Consultado el 14 de septiembre de 2018].
- Torres-Pacheco I., J. I. López-Arroyo, J. A. Aguirre-Gómez, R. G. Guevara-González, R. Yáñez-López, M. I. Hernández-Zul and J. A. Quijano-Carranza. 2013. Potential distribution in Mexico of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) vector of Huanglongbing pathogen. Florida Entomologist 96(1): 36-47.





EVALUACIÓN DE LAS LIBERACIONES DE *Tamarixia radiata* EN EL SURESTE DE MÉXICO

Lizette Cicero Jurado^{392*}, Emiliano Loeza Kuk³⁹², Jhibran Ferral Piña³⁹³ y Claudia Tania Lomas Barrié³⁹²

Resumen

El agente de control biológico más usado en el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos, es el ectoparasitoide específico *Tamarixia radiata*. Su éxito ha variado dependiendo del país o región en donde se ha liberado. En México, la efectividad de sus liberaciones se está evaluando en diferentes regiones debido a la heterogeneidad de los ecosistemas y de los diferentes tipos de manejo de los cítricos. El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de las liberaciones de dicho parasitoide, considerando al porcentaje de parasitismo como indicador. Los muestreos se realizaron en sitios con y sin liberaciones de *T. radiata* en cinco estados del sureste mexicano (Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo). Se encontró que los sitios, en donde se realizaron liberaciones de parasitoides, sin importar su frecuencia, tipo de manejo y clima, tienen un porcentaje de parasitismo significativamente mayor (28.84%) al de los sitios en donde no se liberó (3.95%). En Campeche, el porcentaje de parasitismo (39.28) fue mayor que en los demás estados; debido a la mayor frecuencia de liberaciones de parasitoides por sitio (hasta cuatro liberaciones al año). Estos resultados sugieren que la liberación de parasitoides ha tenido un impacto positivo, lo que resalta la importancia de mantener un programa de liberaciones continuo, con el fin de incrementar y mantener el parasitismo de *T. radiata* en huertas de cítricos abandonadas y en traspatios. Adicionalmente, es necesario el uso del control biológico en huertas comerciales, en las que no se realizan aplicaciones de insecticidas debido a otros problemas fitosanitarios, en huertas con manejo orgánico o, incluso, con manejo convencional, en períodos viables para realizarlas.

³⁹² INIFAP, Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochoá, Yucatán, México. (*Autor: cicero.lizette@inifap.gob.mx).

³⁹³ ²INIFAP, Centro de investigación Regional Sureste. Campo Experimental Chetumal, Chetumal, Q. Roo, México.





Palabras clave: *Tamarixia radiata*, *Diaphorina citri*, liberaciones, porcentaje de parasitismo, control biológico

Introducción

El control biológico es un componente indispensable en todo programa de manejo integrado de plagas (Naranjo *et al.*, 2015). En el caso del manejo del psílido asiático de los cítricos (PAC), el agente de control biológico más usado alrededor del mundo es el ectoparásitoide específico *Tamarixia radiata* Waterston (Chen y Stansly, 2014). Dicho parasitoide ha tenido gran éxito en algunos países como Puerto Rico, alcanzando porcentajes de parasitismo de entre 70 y 100 % (Pluke *et al.*, 2008). Tal es el caso de las Islas Reunión y Guadalupe, en donde el éxito de *T. radiata* sirvió de base para que el parasitoide fuera liberado en varios países (Étienne *et al.*, 2001; Hall, 2008; Pluke *et al.*, 2008). Sin embargo, se ha encontrado que la efectividad del ectoparásitoide ha sido muy variable. En México, se ha reportado entre el 12 y el 31 % de parasitismo de *T. radiata* en cultivos de limón, lima y naranjo (CNRCB, 2007). En este sentido, se ha encontrado que el éxito del parasitoide depende de diversos factores, siendo los principales aquellos relacionados a las condiciones ambientales, como el clima (Étienne *et al.*, 2001), factores ecológicos como la competencia interespecífica, la depredación intragremio, y la presencia de hiperparasitoides (Halbert y Manjunath, 2004; Michaud, 2004). Adicionalmente, factores antropológicos como el tipo de manejo en las huertas cítricas, son clave en el éxito del establecimiento de *T. radiata* (Pluke *et al.*, 2008). Desde 2008, el gobierno mexicano a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), implementó actividades para monitorear al Huanglongbing (HLB), encaminadas a disminuir las poblaciones del PAC y, por consiguiente, la diseminación del HLB. El Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB) estableció un programa para el uso de enemigos naturales para controlar el PAC. De esta forma, en el Manual Operativo de la Campaña contra el Huanglongbing de los cítricos (MOCCHC), se estableció la liberación del parasitoide *T. radiata* en áreas urbanas y huertos cítricos abandonados (Robles-García, 2017). Con el fin de asegurar un suministro de parasitoides todo el año, se creó el Laboratorio de reproducción masiva de *Tamarixia radiata*





del sureste (LABSUR), que se encarga de proveer parasitoides a los diferentes estados citrícolas del país, a través de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESV), quienes realizan su liberación. Llevar un seguimiento detallado y una calendarización de las liberaciones en cada estado no siempre es posible; por esta razón, se planteó como uno de los objetivos del proyecto evaluar el estado actual de las liberaciones de *T. radiata* en los cinco estados que conformaron el estudio, para conocer su porcentaje de parasitismo en el PAC, en campo.

Materiales y Métodos

Se recopilaron las bases de datos de las liberaciones de *T. radiata* realizadas por los CESV de los cinco estados, para los años 2015 (sólo en el caso de Chiapas), 2016 (todos menos Chiapas), 2017 (los cinco estados) y 2018 (Campeche, Quintana Roo y Tabasco), con el fin de analizar la frecuencia de las liberaciones del parasitoide en cada sitio, para los cinco estados.

Evaluación de las liberaciones de *Tamarixia radiata*. Las liberaciones del parasitoide *T. radiata* en zonas urbanas y huertas marginales (abandonadas) son actividades que se han realizado en los cinco estados de la Región Sureste. Para determinar el porcentaje de parasitismo en cada estado se realizaron muestreos de la siguiente forma: 1) Selección de sitios para evaluación de parasitismo. Se realizaron recorridos por los diferentes ARCO's de los cinco estados que abarca el proyecto. En cada estado se tomaron muestras de brotes infestados con ninfas (de instares 4 y 5) de *D. citri* en diferentes sitios. Se seleccionaron huertas comerciales, traspacios y huertas abandonadas, con (CL) y sin liberación (SL) del parasitoide *T. radiata*, con el fin de evaluar el parasitismo natural y el inducido (o incrementado). Los sitios considerados como SL son aquellos en los que no se han hecho liberaciones en más de 2 km a la redonda, todos ellos son huertas comerciales ubicadas dentro de las ARCOs, 2) Evaluación de las liberaciones del parasitoide. Una vez obtenidas las muestras, se llevaron en fresco al laboratorio para su revisión. En cada brote se observó bajo el estereoscopio ninfas de los instares 4 y 5 con presencia de algún estadio de *T. radiata* o de evidencia de parasitismo (presencia de momias con agujeros de salida).





Posteriormente, se calculó el porcentaje de parasitismo por brote y por huerta, promediando el parasitismo obtenido en huertas con y sin liberación de parasitoides en cada estado muestreado.

Se realizaron 88 muestreos en los cinco estados, la mayoría de ellos en Chiapas (44), mientras que, en Yucatán, sólo se tuvieron seis sitios de muestreo (Cuadro 1). Sin embargo, hay que destacar que en algunos sitios de Tabasco, Campeche y Quintana Roo, se realizaron más de un muestreo con el fin de darles seguimiento.

Análisis Estadísticos. Para determinar el porcentaje de parasitismo de *T. radiata* se generó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) de tipo anidado con distribución binomial (GLM-B). Se comparó el modelo completo generado con su respectivo modelo nulo, y se revisaron los residuales para verificar ausencia de algún tipo de estructura. Adicionalmente, se utilizó la prueba de LR (Likelihood ratio test) para comparar el ajuste del modelo. Los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico R versión 3.5.0 (R Core Team, 2016).

Cuadro 1. Número de huertas y traspacios muestreados y evaluados por estado, para determinar el parasitismo del psílido asiático de los cítricos por *Tamarixia radiata*.

Estado	Cantidad de sitios muestreados		Total de sitios muestreados por estado
	Con liberaciones de <i>T. radiata</i>	Sin liberaciones de <i>T. radiata</i>	
Campeche	5	9	14
Chiapas	15	29	44
Quintana Roo	8	3	11
Tabasco	9	4	13
Yucatán	5	1	6
Total	42	46	88

Resultados y Discusión

Con relación a los datos de las liberaciones de *T. radiata* realizadas en cada estado, se determinó que la estrategia y calendarización es muy variable entre los estados y años. Por ejemplo, en 2016, Chiapas no liberó *T. radiata*, y en Tabasco sólo se liberó una vez en el año, mientras que en Campeche hubo hasta cuatro liberaciones en un mismo sitio. En un estudio realizado por Diniz (2013) en Brasil, se reporta que se realizaron liberaciones de 400 parasitoides/ha obteniéndose parasitismos entre 1-22 %, y una reducción de la cantidad de





ninfas de *D. citri* del 43-88%, en diferentes localidades. Actualmente, en México, la cantidad de parasitoides liberados se basa en lo estipulado en el MOCCHC-2017; sin embargo, según los reportes de liberaciones de los estados analizados, esto no siempre se logra, al menos en lo que se refiere a la frecuencia de liberaciones en cada sitio.

Evaluación del parasitismo de *Tamarixia radiata*. Se colectaron y revisaron un total de 2,166 brotes obtenidos de 88 huertas y traspatios en los cinco estados. Se contabilizaron un total de 28,879 ninfas de *D. citri* sanas, y 5,395 parasitadas.

En lo que se refiere al porcentaje de parasitismo de ninfas de *D. citri* en los sitios con y sin liberaciones de *T. radiata*, es destacable que existen diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con el GLM binomial ($Z=37.43$, $P<0.0001$). De este modo, los sitios con liberaciones de parasitoides presentan un mayor porcentaje de parasitismo, independientemente de la región. Estos resultados confirman que las liberaciones realizadas tienen un impacto evidente, aumentando el parasitismo natural. Así, en zonas con liberaciones, el parasitismo fue de 28.84 % a diferencia de los sitios sin liberaciones, en donde fue de 3.95 % (Figura 1).

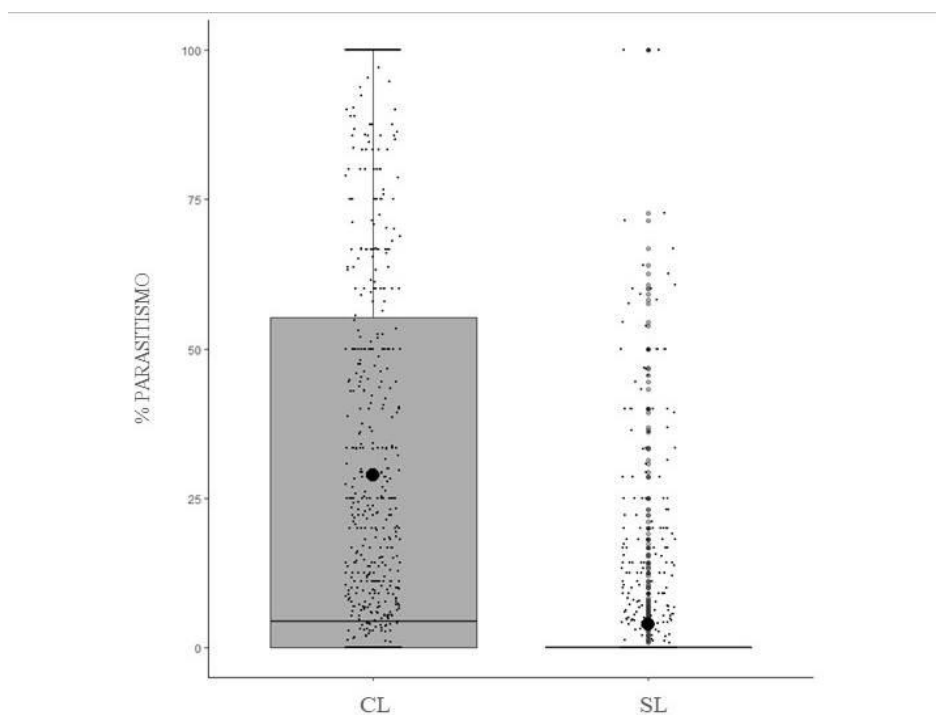


Figura 1. Porcentaje de parasitismo en ninfas de *D. citri* de los instares 4 y 5 en sitios con y sin liberación. CL: sitios con liberación de *T. radiata*, SL: sitios sin liberación de *T. radiata*. Los extremos de la caja indican cuartiles, los bigotes son valores máximos y mínimos, la línea horizontal que corta la caja es la mediana, y el punto negro es el promedio.





En los datos generales del porcentaje de parasitismo por región se encontró que los estados que han alcanzado un mayor parasitismo promedio son Campeche, y Tabasco, con 39.3 y 16.3 % respectivamente. El mayor porcentaje de parasitismo, solamente de los sitios en donde se realizaron liberaciones (CL), se obtuvo en Campeche con un promedio de 58.7 %, mientras que, en Yucatán, Chiapas y Tabasco, tuvieron un parasitismo promedio muy similar entre sí, con 14.3, 19.9 y 19.3 % respectivamente; en Quintana Roo se obtuvo sólo 3 % de parasitismo (Figura 2).

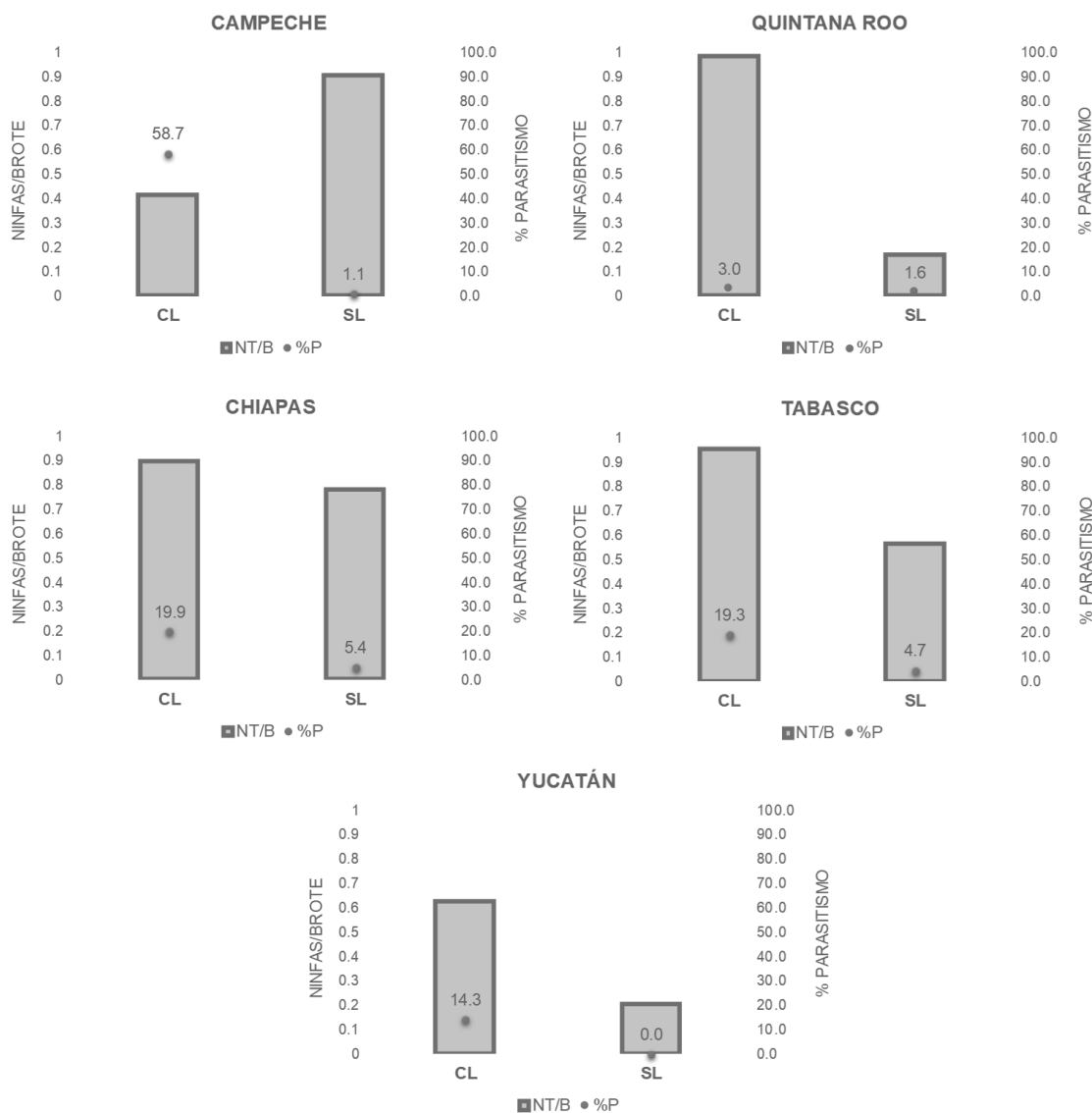


Figura 2. Promedio del número de ninfas de *D. citri* de los instares 4 y 5 por brote (NT/B), y promedio del porcentaje de parasitismo (%P) de *T. radiata* en ninfas de *D. citri* en los diferentes estados. CL: sitios con liberación de *T. radiata*, SL: sitios sin liberación de *T. radiata*.





Las diferencias entre sitios, con y sin liberación de parasitoides, son estadísticamente significativas para cada estado (GLM-B: Campeche: $z=21.97$, $P<0.0001$; Chiapas: $z=22.46$, $P<0.0001$; Quintana Roo: $z=3.535$, $P=0.0004$; Tabasco: $z=13.87$, $P<0.0001$), excepto para Yucatán ($z=0.105$, $P=0.916$).

Los resultados resaltan la importancia de mantener un programa de liberaciones continuo, con el fin de incrementar y mantener el parasitismo de *T. radiata* en huertas de cítricos abandonadas y en traspatios. Además, es necesario considerar el uso del control biológico en huertas comerciales, en las que de manera cotidiana no se realizan aplicaciones de insecticidas por otro tipo de problemas fitosanitarios.

Aunque las liberaciones del parasitoide *T. radiata* no resuelven el problema de la infestación por *D. citri* en el sureste mexicano, las liberaciones periódicas aseguran que el parasitismo se mantenga e incremente (como lo evidencia el caso de Campeche). Por otro lado, se detectó la presencia de otros enemigos naturales (e.g. crisopas y coccinélidos) que pudieran estar ejerciendo un papel importante y complementario al de *T. radiata*, en el control de *D. citri*.

Aunque es evidente la diferencia entre algunos estados, esta situación no es rara, pues se presenta en otras regiones de México, así como alrededor del mundo. Moreno-Carrillo *et al.* (2015) realizaron un estudio en varios estados del país, en sitios con y sin liberación de *T. radiata*. Estos autores encontraron que, en todos los casos, el parasitismo fue mayor en aquellos sitios en donde se realizaron liberaciones. Los porcentajes de parasitismo varían entre estados y entre comunidades (Colima: 53.3 - 79.6 %; Nayarit: 54.1 - 59.6 %; Jalisco: 19.07 - 64.28 %; Michoacán: 18.08 - 29.7 %; Baja California Sur: 4.7 - 11.3 %; San Luis Potosí: 23.3 - 24.8 %). Asimismo, Pardo *et al.* (2018) llevaron a cabo un estudio en el valle de Apatzingán, en el estado de Michoacán, encontrando un parasitismo de entre el 45 al 91 %.

Por otro lado, el éxito de las liberaciones de *T. radiata* encontrado en Puerto Rico (70-100 % de parasitismo) (Pluke *et al.*, 2008), Isla Guadalupe e Isla Reunión (Étienne *et al.* 2001), parece estar determinado por factores ambientales que favorecen el desarrollo y reproducción de *T. radiata* Quilici (1991). Al igual que en este estudio, Quilici (1991) encontró mejores resultados en la Isla Reunión (>50 % parasitismo) que en la Isla Mauricio (<40% de parasitismo), a pesar de su cercanía y similitud de condiciones ambientales. El autor adjudica





el menor parasitismo en Isla Mauricio, a que la presencia de limonarias en los traspatios es mayor, y permite la reproducción permanente del psílido. Asimismo, para el estado de Florida en EEUU, el parasitismo reportado ha sido muy variable. En limonaria a lo largo de un año, el parasitismo fue del 18.5 % (Chong *et al.*, 2010), mientras que Pluke *et al.* (2008) encontraron que, en primavera y verano, el parasitismo no supera el 20%, mientras que, para otoño, puede llegar hasta el 56 %. Para el caso de Brasil, se ha encontrado que el parasitismo puede llegar hasta el 73 % a los ocho días de haber liberado, con una disminución drástica a menos del 10 %, después de 15 días de la liberación (Gómez-Torres, 2009). Adicionalmente, Paiva y Parra (2012) encontraron que los mayores porcentajes de parasitismo ocurren durante el verano (en promedio 25.7 %). Por otro lado, Flores y Ciomperlik (2017), encontraron diferencias en el parasitismo de *T. radiata* proveniente de diferentes cepas o líneas. Estos autores reportaron un 7% con la cepa local de Texas, y 80% con la cepa pakistaní. Estos resultados tan variables encontrados en diferentes partes del mundo, sugieren que no solamente son los factores ambientales y de manejo los posibles responsables de las diferencias en parasitismo, sino que el origen del parasitoide es igualmente importante, así como su relación con otros organismos.

En general, la región sureste (Chiapas, Tabasco y Península de Yucatán) presenta temperaturas muy elevadas ($>35^{\circ}\text{C}$) varios meses en el año (abril a septiembre), así como precipitaciones importantes (>180 mm) que modifican tanto la disponibilidad de hospederos, como las condiciones ideales para el desarrollo y reproducción de *T. radiata* a lo largo del año. De este modo, la estrategia que mejor puede adaptarse a estas condiciones, es la de mantener un programa de liberaciones frecuentes durante los meses en los que las condiciones son menos adversas para el parasitoide. Así, en caso de haber una disminución drástica en la cantidad de *T. radiata*, la siguiente liberación compensaría esta falta, recuperándose el parasitismo.

Conclusiones

Las liberaciones de *T. radiata* incrementaron el porcentaje de parasitismo natural en todos los estados evaluados, independientemente del clima y tipo de manejo de los sitios.





La gran variabilidad en parasitismo encontrado obedece a una amplia gama de factores, tanto climáticos como ecológicos, siendo la frecuencia de las liberaciones un factor determinante, como es evidente en el caso de Campeche. En este estado es donde se realizó la mayor cantidad de liberaciones por sitio en el año, y es donde se encontró un mayor porcentaje de parasitismo general.

Agradecimientos

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas, por los recursos otorgados para realizar el estudio. A los CESV de Tabasco, Yucatán, Campeche y Quintana Roo por todo el apoyo y disposición. A las Biólogas Adriana Chacón López y Ana Beatriz Rivera Leyva, por el apoyo en laboratorio.

Literatura Citada

- Chen, X., & Stansly, P. A. 2014. Biology of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of the citrus greening disease vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psylloidea): a mini review. Florida entomologist, 97(4), 1404-1413.
- Chong, J. H., Roda, A. L., & Mannion, C. M. 2010. Density and natural enemies of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), in the residential landscape of southern Florida. Journal of Agricultural and Urban Entomology, 27(1), 33-49.
- CNRCB (Centro Nacional de Referencia en Control Biológico). 2007. Parasitismo del psilido asiático de los cítricos. Documento interno de trabajo. Dirección General de Sanidad Vegetal. SENASICA, México.
- Diniz, A. J. F. 2013. Otimização da criação de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) e de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), visando a produção em larga escala do parasitoide e avaliação do seu estab. Tesis Doctoral, Universidade de São Paulo.





- Étienne, J., Quilici, S. Marival, D. y Franck, A. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*, 56: 307-315.
- Flores, D., & Ciomperlik, M. 2017. Biological Control Using the Ectoparasitoid, *Tamarixia radiata*, against the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri*, in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Southwestern Entomologist*, 42(1), 49-59.
- Gómez Torres, M. L. 2009. Estudios bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae). Tesis Doctoral, Universidade de São Paulo.
- Gómez-Torres, M. L., Nava, D. E., & Parra, J. R. P. 2012. Life table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. *Journal of economic entomology*, 105(2), 338-343.
- Halbert, S.E. y Manjunath, K.L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*, 87(3): 330-353.
- Hall, D.G. 2008. Biological control of *Diaphorina citri*. Memorias del 1er Taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*).
- Michaud, J.P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*, 29: 260-269.
- Moreno-Carrillo, G., Sánchez-González, J. A., & Arredondo-Bernal, H. C. 2015. Seguimiento de las liberaciones de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) dentro del programa ARCOs de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/24_MorenoCarrillo_15.pdf
- Naranjo, S. E., Ellsworth, P. C., & Frisvold, G. B. 2015. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. *Annual review of entomology*, 60: 621-645.
- Paiva, P. E. B., & Parra, J. R. P. 2012. Natural parasitism of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) nymphs by *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) in São Paulo orange groves. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56(4), 499-503.





- Pardo, S., Martínez, A. M., Chavarrieta, J. M., Morales, S. I., Figueroa, J. I., Valle, J., & Pineda, S. 2018. Natural Parasitism of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) Collected From Two Host Plants in the Apatzingán Valley, Mexico, by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). Journal of economic entomology.
- Pluke R.W.H., Qureshi, J.A. y Stansly, P.A. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. Florida Entomologist, 91: 36-42.
- Quilici, S. 1991. Rapport de mission à Maurice du 31 janvier au 8 février 1991. II-" Greening" des agrumes et psylles vecteurs. <https://agritrop.cirad.fr/264564/1/ID264564.pdf>
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Robles-García, P. 2017. Manual Operativo de la Campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).





PATOGENICIDAD DE *Fusarium semitectum* BERK. & RAVENEL, GREVILLEA SOBRE *Diaphorina citri* KUWAYAMA

Margarita Lavin Maya³⁹⁴, J. Isabel López Arroyo³⁹⁵, Kenzy Iveth Peña Carrillo³⁹⁵, Rosalva Salgado
Bravo³⁹⁴, Raúl Rodríguez Guerra^{395*}

Resumen

Diaphorina citri Kuwayama es una plaga importante de los cítricos y la principal transmisora de las bacterias asociadas al Huanglongbing (HLB), *Candidatus Liberibacter* spp. En este insecto se han identificado diversos hongos entomopatógenos; durante el 2016 se observaron insectos micosados en cítricos, en un invernadero del Campo Experimental General Terán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con un hongo diferente a los previamente reportados en *D. citri*. El objetivo de esta investigación consistió en aislar, identificar y evaluar *in vitro* la patogenicidad de este hongo sobre adultos de la plaga. El análisis directo de los insectos micosados permitió identificar al hongo como miembro del género *Fusarium*. Se obtuvo una cepa monoconidial y se transfirió a medio de cultivo mínimo y papa dextrosa agar (PDA) para su identificación morfológica, la cual fue confirmada mediante el análisis de los espaciadores transcritos internos (ITS's) como *F. semitectum* (= *F. incarnatum*, *F. pallidoroseum*). La patogenicidad de la cepa monoconidial se evaluó en arena experimental en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones cada uno. La inoculación de conidios suspendidos en agua causó una mortandad del 60 %, mientras que pregerminados en extracto de levadura causó 80 %. Los resultados demuestran que *F. semitectum* es una nueva especie de hongo entomopatógeno de *D. citri* con potencial para incorporarse en programas de control de esta plaga.

Palabras clave: Huanglongbing, micosamiento, agente de biocontrol

³⁹⁴ Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros, Prolongación Reforma No. 168, Barrio de Santiago Mihucán, C.P. 74420, Izúcar de Matamoros, Puebla, México

³⁹⁵ Campo Experimental General Terán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 31 Carretera Montemorelos-China, C.P. 67400, General Terán, Nuevo León, México. rodriguez.raul@inifap.gob.mx





Introducción

El insecto *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *Liviidae*) es una plaga que daña directamente los brotes y el follaje de cítricos, y además es el principal transmisor de las bacterias asociadas al Huanglongbing (HLB) *Candidatus Liberibacter* spp. (Bové, 2006). El control del insecto se basa en el uso de plaguicidas cuyas consecuencias son negativas al ambiente, favorecen la resistencia de la plaga a los insecticidas, y disminuyen drásticamente sus enemigos naturales, entre otras. Una estrategia complementaria para controlar *D. citri* consiste en usar microorganismos entomopatógenos. Diversas especies de hongos han sido identificadas sobre esta plaga en México, que incluye a *Entomophthora* sp. (Guizar-Guzmán y Sánchez-Peña, 2013), *Beauveria bassiana*, *Hirsutella citriformis* (Casique-Valdes *et al.*, 2011), *Metarhizium anisopliae* (Lezama-Gutiérrez *et al.*, 2014) e *Isaria fumosorosea* Wise (Casique-Valdés *et al.*, 2015). Numerosos hongos sobre insectos pueden ocurrir de manera oportunista y su papel como entomopatógenos debe ser evaluada. Durante 2016 se colectaron insectos adultos de *D. citri* micosados de un invernadero con cítricos del Campo Experimental General Terán, N.L., México; el análisis directo de los hongos permitió descartar a los géneros de entomopatógenos mencionados, y fueron identificados como miembros del género *Fusarium*. Con base a que diversas especies de *Fusarium* han sido reconocidas como entomopatógenas de insectos incluyendo hemípteros (O'Donnell *et al.*, 2012), el objetivo de esta investigación consistió en aislar, identificar y determinar la capacidad patogénica de la cepa de *Fusarium* aislada de *D. citri* contra adultos de este insecto, lo que podría permitir incrementar el número de especies de hongos entomopatógenos para el manejo de *D. citri*.

Materiales y Métodos

Obtención de cepa. Adultos de *D. citri* micosados, colectados entre septiembre y diciembre del 2016 de un invernadero con cítricos del Campo Experimental General Terán (CEGET), N. L., México, fueron revisados bajo microscopio estereoscópico y compuesto, y sus características correspondieron al género *Fusarium*. A partir de un insecto micosado se





obtuvo una suspensión de conidios, y se dispersó en el medio papa dextrosa agar (PDA) acidificado ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ de ácido láctico 85 %) para obtener un cultivo monospórico. La cepa monospórica se transfirió a un medio de cultivo mínimo (SNA; 1.0 g de KH_2PO_4 , 1.0 g KNO_3 , 0.5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.5 g de KCl, 0.2 g de Sacarosa, 0.2 g de glucosa y 20.0 g de agar en un litro de agua), y se encuentra conservada en el CEGET.

Identificación morfológica. La cepa fue retransferida al centro de cajas Petri con los medios PDA y SNA. La inoculación se realizó con un pequeño fragmento de colonia de la cepa mantenida en SNA. Las nuevas colonias fueron revisadas a los 10 y 15 días con un microscopio compuesto para su identificación, mediante las claves de Nelson *et al.* (1983) y el manual de laboratorio de Leslie y Summerell (2008).

Identificación mediante ITS's. Se extrajo el ADN de la cepa con fenol cloroformo isoamílico (25:24:1), se precipitó con acetato de sodio (3M; pH 7) e isopropanol, se lavó con etanol al 70 % y se suspendió en TE. La región ITS-1-5.8S-ITS-2 (ITS's) fue amplificada mediante PCR con los iniciadores ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGAATATGC-3') siguiendo el procedimiento descrito por Robles-Yerena *et al.* (2010). La secuenciación se realizó en ambos sentidos, en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. Las secuencias fueron alineadas en el programa MEGA 7.0 utilizando el algoritmo MUSCLE del programa MEGA 7.0. La secuencia consenso se analizó en la página del National Center for Biotechnology Information (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) utilizando la herramienta Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) con el algoritmo megablast.

Prueba de patogenicidad. La cepa de *Fusarium* fue crecida en el medio PDA por 14 días para la producción de conidios y evaluar su patogenicidad en arena experimental (Pérez-González *et al.*, 2015), que consiste en colocar una hoja sobre esponja húmeda dentro de un vaso (5.5 cm de diámetro inferior, 8 cm de diámetro superior, 6 cm de altura) con una tapa de plástico cubierta parcialmente con tela de organza. La concentración de conidios se ajustó a 10^7 mL^{-1} y los tratamientos evaluados fueron testigo absoluto (sin inocular), aspersión con agua, aspersión de extracto de levadura al 0.5 %, aspersión de conidios suspendidos en agua y aspersión de conidios pre-germinados por 24 h en extracto de levadura al 0.5 %. Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento y cada una consistió de 15 adultos de *D. citri*. Durante 11 días, cada 2 o 3 días se evaluó la mortandad de insectos y el micosamio





por *Fusarium*. También, insectos muertos sin micosamio fueron colocados en cámara húmeda para determinar la aparición del hongo. Se determinó el porcentaje acumulado de micosamio con base a los 15 insectos inoculados en cada repetición. Los valores obtenidos fueron transformados al arco seno de la raíz cuadrada para realizar un análisis de varianza para el diseño utilizado y comparación de medias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey ($p= 0.05$), utilizando la versión 1.0 del programa de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares 2012).

Resultados y discusión

Identificación morfológica y mediante ITS's. La presencia de mesoconidios en monofiálides y polifiálides en el micelio aéreo y macroconidios característicos (Figura 1), así como ausencia de microconidios, y presencia de clamidosporas, permitió identificar la cepa como *Fusarium semitectum*. Entre las especies de *Fusarium* que forman mesoconidios se encuentran *F. camptoceras*, *F. chlamydosporum*, *F. semitectum*, *F. sporotrichioides*, *F. polyphialidicum* y algunas cepas de *F. avenaceum* y *F. subglutinans* (Lesslie y Summerell, 2008); sin embargo, la cepa bajo estudio sólo mostró características morfológicas que concuerdan con *F. semitectum*.

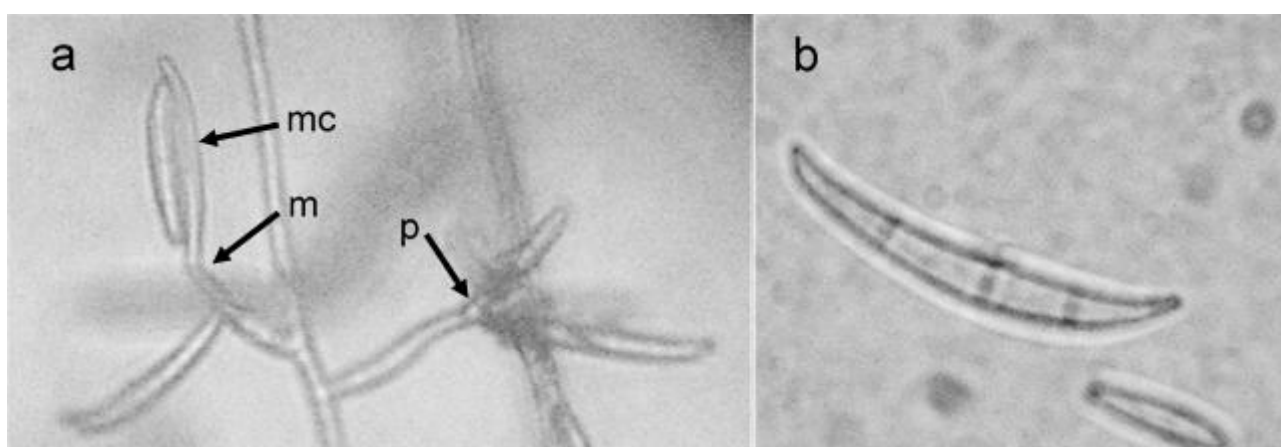


Figura 1. *Fusarium semitectum*. a) Mesoconidios (mc) en monofiálides (m) y polifiálides (p); b) Macroconidio.





Con base al análisis BLAST de los ITS's, la secuencia de la cepa mostró 99 a 100 % de identidad con secuencias de cepas de *F. incarnatum* (= *F. pallidoroseum*, *F. semitectum*), *F. equiseti* y *F. culmorum*. De estas especies las características morfológicas de la cepa bajo estudio sólo concuerdan con la descripción morfológica de *F. semitectum*. La secuencia analizada mostró relación con numerosas cepas de *F. equiseti* y algunas de *F. culmorum*; no obstante, estas especies carecen de mesoconidios y sugiere que fueron mal identificadas y así reportadas en el NCBI, aunque también es posible que se hayan denominado *F. equiseti* por la semejanza de los macroconidios entre ambas especies (Leslie y Summerell, 2008) y estar relacionadas al complejo de especies *incarnatum-equiseti* determinado mediante el análisis de un grupo de secuencias (O'Donnell *et al.*, 2012). Con base a lo anterior, la cepa aislada de adultos de *D. citri* micosados corresponde a *F. semitectum*. Especies de *Fusarium*, incluyendo *F. semitectum* (= *F. incarnatum*) han sido aisladas de diversos ordenes de insectos (O'Donnell *et al.*, 2012), y se ha demostrado su capacidad entomopatogénica contra hemípteros como *Bemisia tabaci* (Anwar *et al.*, 2017) y *Matsucoccus matsumurae* (Liu *et al.*, 2014), así como el lepidóptero *Lymantria obfusca* (Munshi *et al.*, 2008).

Prueba de patogenicidad. La cepa de *F. semitectum* fue patogénica sobre adultos de *D. citri*, sobresaliendo la inoculación de conidios pregerminados (Figura 2).

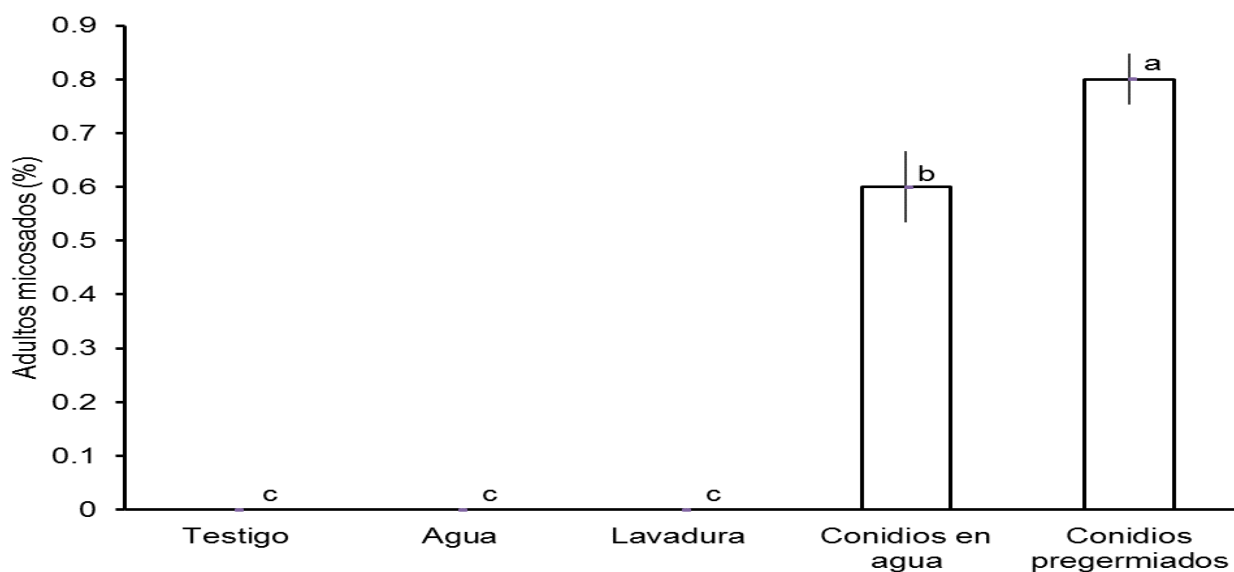


Figura 2. Proporción de adultos de *Diaphorina citri* micosados por *Fusarium semitectum*. Tratamientos con misma letra no difieren entre sí (Tukey; $p= 0.05$) Líneas en barras representa la desviación estándar.





La prueba de patogenicidad realizada en arena experimental demostró la patogenicidad de *F. semitectum* contra adultos de *D. citri*. En ninfas de *Bemisia tabaci* (Anwar *et al.*, 2017) y *Matsucoccus matsumurae* (Liu *et al.*, 2014), este hongo ha llegado a causar 100 % y 40.3 % de mortandad, respectivamente. El hongo *F. semitectum* tiene la capacidad de producir el compuesto beuvericina, tóxico contra insectos (Gupta *et al.*, 1991), lo que puede explicar la capacidad patogénica de este hongo contra *D. citri* y otros insectos.

Conclusiones

1. Se identificó a *Fusarium semitectum* en adultos de *D. citri* micosados.
2. Se reporta por primera vez que *F. semitectum* es entomopatógeno de *D. citri*, y puede considerarse junto a los entomopatógenos previamente reportados como potencial agente de biocontrol de esta plaga.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento otorgado por el INIFAP para la realización de esta investigación (Proyecto: 14575633920).

Literatura citada

- Anwar, W., M. S. Haider, A. A. Shahid, H. Mushtaq, U. Hameed, M. Z. U. Rehman and M. J. Iqbal. 2017. Genetic diversity of *Fusarium* isolated from members of Sternorrhyncha (Hemiptera): entomopathogens against *Bemisia tabaci*. Pakistan J. Zool. 49: 639-645.
- Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly emerging, century old disease of citrus. J. Plant Pathol. 88: 7-37.





- Casique-Valdes R., A. Y. Reyes-Martinez, S. R. Sanchez-Peña, M. J. Bidochka and J. I. Lopez-Arroyo. 2011. Pathogenicity of *Hirsutella citriformis* (Ascomycota: Cordycipitaceae) to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). Fla. Entomol. 94: 703-705.
- Casique-Valdés, R., B. M. Sánchez-Lara, J. Ek-Maas, C. Hernández-Guerra, M. Bidochka, L. Guízar-Guzmán, J. I. López-Arroyo and S. R. Sánchez-Peña. 2015. Field trial of aqueous and emulsion preparations of entomopathogenic fungi against the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) in a lime orchard in Mexico. J. Entomol. Sci. 50: 79-87.
- Guizar-Guzmán, L. and S. R. Sánchez-Peña. 2013. Infection by *Entomophthora* sensu stricto (Entomophthoromycota: Entomophthorales) in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in Veracruz, Mexico. Fla. Entomol. 96: 624-627.
- Gupta, S., S. B. Krasnoff, N. L. Underwood, J. A. A. Renwick and D. W. Roberts. 1991. Isolation of beauvericin as an insect toxin from *Fusarium semitectum* and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. Mycopathologia. 115: 185-189.
- Leslie, J. F. and B. A. Summerell. 2008. The *Fusarium* laboratory manual. John Wiley and Sons. Iowa. 388 p.
- Lezama-Gutiérrez, R., A. Ramírez-Mancilla, H. Castrejón-Agapito, J. J. Peralta-Manzo y O. Rebolledo-Domínguez. 2014. Uso de *Metarhizium anisopliae* y *Cordyceps bassiana* (Ascomycetes) para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en Limón Mexicano. Entomol. Mex. 1: 219-224.
- Liu, W., Y. Xie, J. Dong, J. Xue, Y. Zhang, Y. Lu and J. Wu. 2014. Pathogenicity of three entomopathogenic fungi to *Matsucoccus matsumurae*. PloS one, 9(7), e103350.
- Munshi, N. A., B. Hussain, G. N. Malik, M. Yousuf and N. Fatima. 2008. Efficacy of entomopathogenic fungus *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc. against gypsy moth (*Lymantria obfusca* Walker). J. Entomol. 5: 59-61.
- Nelson, P. E., T. A. Toussoun and W. F. O. Marasas. 1983. *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University. University Park, Pennsylvania, USA. 193 p.





- O'Donnell, K., R. A. Humber, D. M. Geiser, S. Kang, B. Park, V. A. Robert, P. W. Crous, P. R. Johnston, T. Aoki, A. P. Rooney and S. A. Rehner. 2012. Phylogenetic diversity of insecticolous fusaria inferred from multilocus DNA sequence data and their molecular identification via FUSARIUM-ID and *Fusarium* MLST. *Mycologia*, 104: 427-445.
- Olivares S., E. 2012. Programa de diseños experimentales FAUANL, versión 1.0. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión Transportable (en USB).
- Pérez-González, O., R. A. Rodríguez-Villarreal, J. I. López-Arroyo, M. G. Maldonado-Blanco and R. Rodríguez-Guerra. 2015. Mexican strains of *Hirsutella* isolated from *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Morphologic and molecular characterization. *Fla. Entomol.* 98: 290-297.
- Robles-Yerena, L., R. A. Rodríguez-Villarreal, M. A. Ortega-Amaro, S. Fraire-Velázquez, J. Simpson, R. Rodríguez-Guerra and J. F. Jiménez-Bremont. 2010. Characterization of a new fungal antagonist of *Phytophthora capsici*. *Scientia Horticulturae* 125: 248-245.





OCURRENCIA DE AISLADOS SEVEROS DE CTV (*Citrus tristeza virus*) EN MÉXICO

Iobana Alanís Martínez³⁹⁶, Patricia Rivas Valencia^{397*}, Eufrosina Cora Valencia³⁹⁶, Gustavo Mora Aguilera³⁹⁸ y Abel López Buenfil³⁹⁹

Resumen

Desde las primeras detecciones del *Citrus Tristeza Virus* (CTV) en 1981 en México, el estudio de este virus ha sido constante debido a la importancia que representa la enfermedad para el cultivo de los cítricos en México. Sin embargo, a 35 años de la presencia del CTV no se han presentado epidemias de intensidad y sintomatología de tipo severo, aun cuando se han encontrado aislados asociados a los de tipo severo, detectados mediante pruebas serológicas y moleculares. La última detección de un aislado severo se presentó en 2017, en el municipio de Cazones de Herrera, Veracruz. Por lo anterior, se planteó determinar la incidencia de CTV y la ocurrencia de aislados de tipo severo en México. Se analizaron 845 muestras procedentes de 15 entidades federativas del país, mediante RFLP (*Alu I* y *Taq I*) y secuenciación de los genes p18 y p20. 133 muestras fueron positivas al virus (15.73 %), originarias de los estados de Yucatán, Veracruz, Morelos, Hidalgo, Sonora, Puebla, Baja California Sur. Con base a los patrones de restricción obtenidos y la comparación de las secuencias usadas como referencias de aislados severos NUagA (AB046398), SY568R (AF001623), T318A (DQ151548) y VT (U56902), no se detectó la presencia de aislados severos.

Palabras clave: RFLP, secuenciación, p18, p20

Introducción

³⁹⁶ Estación Nacional de Epidemiología, Cuarentena y Saneamiento Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, El Marqués, Querétaro, México.

³⁹⁷ ²INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Valle de México, Texcoco, Estado de México, México. (*Autor: rivas.patricia@inifap.gob.mx).

³⁹⁸ ³CP, Campus Montecillo, Instituto de Fitosanidad, Texcoco, Estado de México, México.

³⁹⁹ ⁴Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, Tecámac, Estado de México, México.





En México, las primeras detecciones del *Citrus Tristeza Virus* (CTV) se realizaron en Tamaulipas (1983) y Veracruz (1986) (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA, 2001). La presencia de aislados de tipo severo se ha documentado (Loeza-Kuk *et al.*, 2005; Herrera-Isidró, 2004; Loeza-Kuk, 2003; Mendoza *et al.*, 2003). Estudios serológicos y moleculares han permitido demostrar la presencia de CTV en condiciones asintomáticas (Rivas-Valencia *et al.*, 2017; Aguilar-Ríos, 2004; Góngora-Canúl, 2004; Herrera-Isidró, 2004; Loeza-Kuk, 2003; Mendoza *et al.*, 2003). En 2017 se reportó la presencia de un aislado del citrus tristeza virus (CTV) tipo severo en el municipio de Cazones de Herrera, Veracruz (NAPPO, 2017). Veracruz es el estado con mayor producción de cítricos (SIAP, 2018), por lo que es necesario continuar con las acciones de vigilancia, que permitan obtener el dato preciso de la presencia de aislados de tipo severo de CTV y continuar así con las medidas de control establecidas de forma oportuna.

Materiales y Métodos

Se analizaron 845 muestras aleatorias procedentes de 15 estados del país (Cuadro1) de diferentes especies de cítricos (limón mexicano, limón persa, naranjo, mandarino, naranjo agrio), cinco muestras del ejido Tejamanil, municipio Cazones de Herrera, Veracruz y el aislado débil T505 de CTV que forma parte del Banco de patógenos de la ENECUSAV (Cuadro 1).

A partir de 3 μ L de RNA se sintetizó cDNA. Las muestras de RNA se desnaturalizaron a 90°C por 10 min y se pasaron a hielo. Se agregó 14 μ L de la mezcla para realizar la transcripción reversa compuesta por 1 μ L de oligo dT [Invitrogen Oligo (dT) 12-18 Primer] 5 μ L de buffer M-MLV (1X), 1 μ L mezcla de dNTPs (10 mM), 0.5 μ L de la enzima transcriptasa reversa M-MLV (200 U), 2 μ L de DTT (100mM) y 4.5 μ L de agua ultra pura. Las muestras se incubaron con las siguientes temperaturas: 42°C por una hora, 95°C por 3 min y se mantuvieron a 4°C. 2 μ L de cDNA se emplearon para la PCR con la siguiente mezcla de reacción: 2.5 μ L Buffer 10X, 0.5 μ L MgCl₂ (50mM), 0.3 μ L dNTPs (10mM), 1 μ L de cada iniciador (10uM) y 0.2 μ L Platinum® Taq DNA Polymerase (5U/ μ L). El programa de amplificación que se empleó para los iniciadores CTVAR18F/ CTVAR18R fue: 1 ciclo de 94°C por 5 minutos, 35 ciclos de 94°C





por 30 segundos, 58°C por 30 segundos y 72°C por 45 segundos, una extensión final de 72°C por 10 minutos; para los iniciadores P20F/P20R se empleó una temperatura de alineamiento de 55°C por 30 segundos y el tiempo de extensión fue de 40 segundos.

Cuadro 1. Número de muestras por entidad tomada en huertas de traspatio y comercial.

Estado	No. muestras traspatio	No. muestras comercial
B. C. S.	6	151
Chiapas	4	0
Morelos	129	214
Hidalgo	49	9
Nuevo León	0	0
Oaxaca	0	12
San Luis Potosí	0	41
Puebla	0	22
Querétaro	0	24
Sinaloa	0	4
Sonora	4	0
Veracruz	2	32
Yucatán	24	64
Tabasco	0	30
Tamaulipas	10	5
Total	228	608

Se obtuvo la secuencia de los fragmentos amplificados de muestras de Cazones y aislado débil T505. Y se generaron fragmentos de restricción de longitud polimórfica (RFLP) con las enzimas *Alu I* y *Taq I* que reconocen los sitios AG[^]CT y T[^]CGA de las muestras mencionadas. La digestión del fragmento amplificado se realizó empleando de 3 a 5 µl del producto de PCR, 2U de enzima, 2 µL del buffer respectivo en un volumen final de 20 µl. Las muestras se incubaron a 37°C (*Alu I*) y 39°C (*Taq I*) por 16 horas. Los fragmentos generados se visualizaron en geles de poliacrilamida al 8%.

El análisis filogenético con las secuencias A1, A2 y A5 colectadas en el ejido Tejamanil, Cazones, la secuencia del aislado T505 del Banco de patógenos de la ENECUSAV (EB11-11), así como una muestra de Quintana Roo (1924) colectada en 2014 (positiva a HLB), secuencias de aislados severos NUagA(AB046398), SY568R (AF001623), T318A (DQ151548) y VT (U56902), aislamientos con características intermedias T36 (EU937521),





Qaha (AY340974) y Mexicano (DQ272579) (T36 induce SY pero no SP) y aislados leves, esencialmente asintomáticos (T30 KC517491 y T385:Y18420) (Ruiz *et al.*, 2007) como secuencias comparativas. Se utilizó el programa MEGA 6 (Tamura *et al.*, 2013) con el método de Neighbor-Joining considerando 1000 re-muestreos bootstrap.

Resultados y Discusión

Se detectaron 133 muestras positivas a CTV; 15.73 % de las muestras analizadas. El estado con mayor porcentaje de muestras analizadas y positivas a CTV fue Morelos (50.3%). Las muestras tomadas de huertas comerciales tuvieron mayor incidencia del virus (Cuadro 2). La especie con mayor incidencia de CTV fue naranjo (40.6%), seguido de limón mexicano (21 %) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Total de muestras positivas a CTV en huertas de traspatio y comerciales en 15 entidades federativas de México.

Estado	Negativas CTV		Positivas CTV		Total muestras positivas
	Traspatio	Comercial	Traspatio	Comercial	
B. C. S.	5	145	1	6	7
Chiapas	4	0	0	0	0
Morelos	122	154	7	60	67
Hidalgo	30	7	19	2	21
Nuevo León	0	0	0	0	0
Oaxaca	0	11	0	1	1
SLP	0	40	0	1	1
Puebla	0	20	0	2	2
Querétaro	0	24	0	0	0
Sinaloa	0	1	0	3	3
Sonora	3	0	1	0	1
Veracruz	1	18	1	14	15
Yucatán	14	59	10	5	15
Tabasco	0	30	0	0	0
Tamaulipas	10	5	0	0	0
Total	228	608	39	94	133





Cuadro 3. Número de muestras positivas a CTV por especie y por Entidad Federativa.

Estado	Limón mexicano	Limón	Mandarino	Naranja	Naranja agrio	Citrus spp.	Total muestras + CTV
B. C. S.	2			5			7
Chiapas	0			0			0
Morelos	5	4	1	40			67
Hidalgo	12		3	2			21
Nuevo León							0
Oaxaca	1						1
SLP				1			1
Puebla				2			2
Querétaro							0
Sinaloa				2			3
Sonora	1						1
Veracruz			3	1			15
Yucatán	7			1	1	1	15
Tabasco							0
Tamaulipas							0
Total	28	4	7	54	1	1	133

La secuencia del gen p20 permitió una mejor diferenciación de los aislados (Figura 1) al igual que el patrón de restricción obtenido con la enzima *Taq* I (Figura 2).

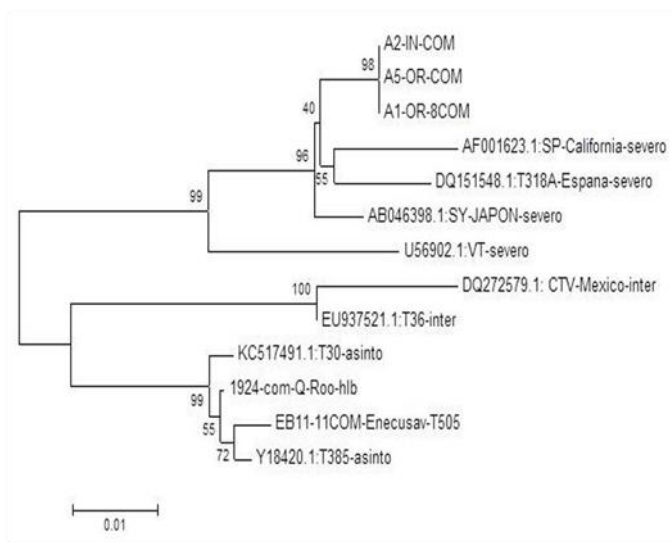


Figura 1. Árbol filogenético de la secuencia del gen p20 de aislados de CTV severos, moderados, asintomáticos (T505, ENECUSAV) y aislados de Cazonas, Veracruz: A2, A5 y A1. El árbol se construyó con el programa Mega 6 usando el método de Neighbor-Joining.



Las muestras analizadas procedentes de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Morelos, Hidalgo, San Luis Potosí, Oaxaca, Puebla, Yucatán y Veracruz presentaron patrones de restricción del gen p20 idénticos a los que presenta el aislado débil T505 (Figura 2).

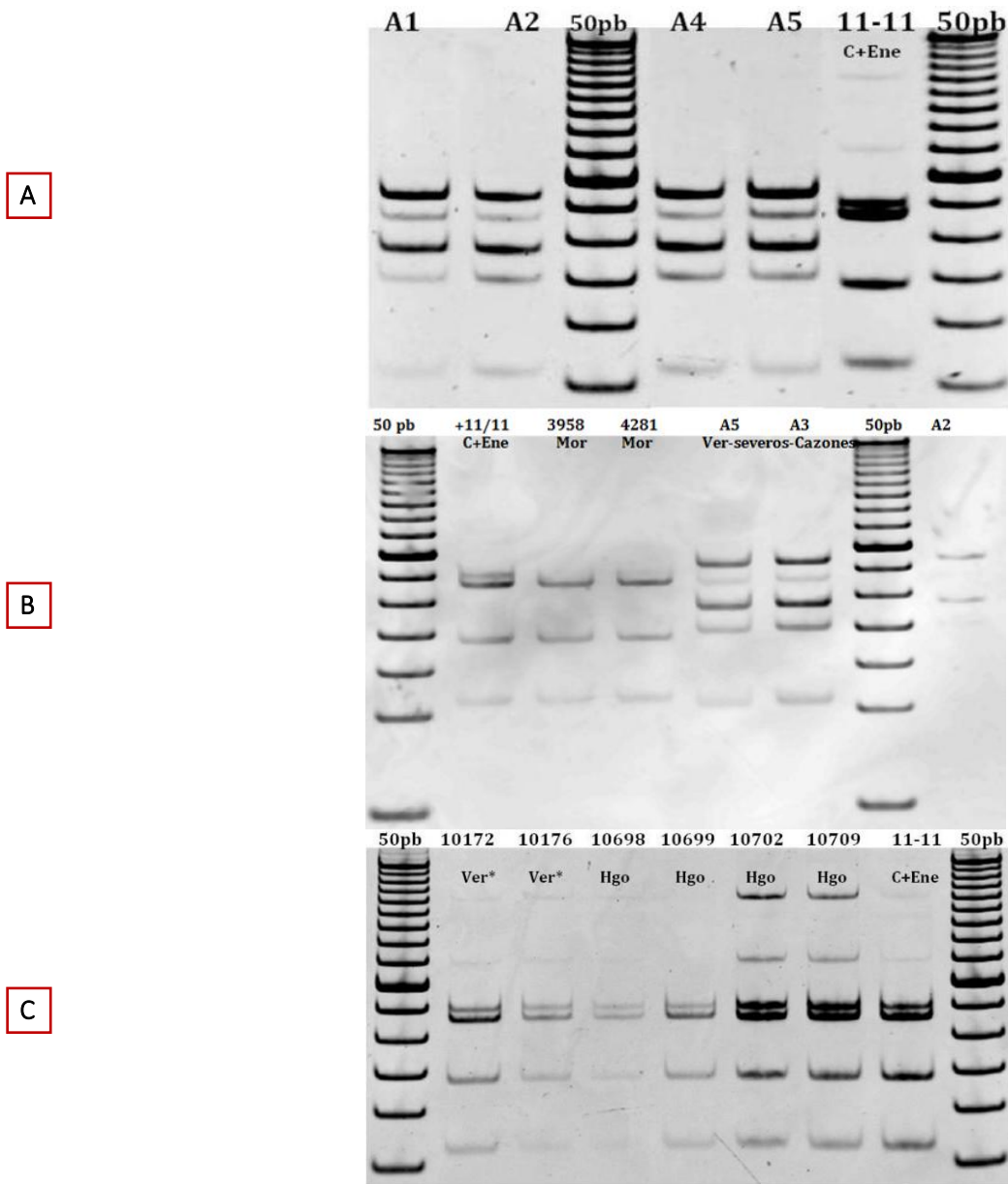


Figura 2. Perfiles de RFLP del gen p20 con la enzima *Taq I* de A: Aislados severos procedentes de Cazones, Veracruz (A1, A2, A4, A5) y aislado débil T505 (11-11). B: Aislados de Morelos (3958, 4281) y aislados severos A5, A3, A2. C: Aislados de Medellín, Veracruz (10172, 10176), Huejutla, Hidalgo (10698, 10699, 10702, 10709) y T505 (11-11).

Específicamente, en lo que respecta a Veracruz, se procesaron 34 muestras procedentes de diferentes localidades. La incidencia a CTV obtenida fue de 44.11 % y los patrones de



restricción del gen p20 no presentan similitud con los patrones de aislados severos del ejido Tejamanil, Cazones. Prácticamente todas ellas fueron de huertos comerciales de las especies de limón persa y mandarina.

Conclusiones

La presencia de variaciones en el gen p20 permitió obtener diferentes perfiles diferenciales de RFLP útiles para caracterizar y diferenciar aislados de CTV. Los perfiles de 133 muestras positivas a CTV presentaron un patrón de restricción diferente al de los aislados de Cazones, Veracruz, descartando la presencia del aislado tipo severo en las muestras analizadas.

Agradecimientos

Agradecemos al SENASICA porque a través de los fondos otorgados para el desarrollo de la Campaña se realizó este trabajo, adicionalmente a los Comités Estatales de Sanidad Vegetal que participaron para la obtención de muestras.

Literatura citada

- Aguilar-Ríos J. 2004. Caracterización de aislamientos mexicanos del Citrus tristeza closterovirus mediante polimorfismos conformacionales de cadena sencilla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. 71 p.
- Góngora-Canúl, C., P. Rivas-Valencia, N. Ruiz-García, E. Loeza-Kuk, G. Mora-Aguilera, D. Ochoa-Martínez, M. A. Gutiérrez-Espinosa y R. Álvarez-Ramos. 2004. Spatial Pattern of Citrus Tristeza in Tamaulipas, Mexico. American Phytopathological Society, Annual Meeting. Anaheim, California, Agosto, 2004. Phytopathology 94: Publication no. P-2004-0234-AMA.





- Herrera-Isidró L. 2004. Caracterización biológica y molecular de aislados del virus tristeza de los cítricos (CTV) en México. Tesis doctoral. CINVESTAV-Irapuato. 185 p.
- Loeza-Kuk E. 2003. Epidemiología y caracterización molecular de aislamientos mexicanos del Citrus Tristeza Closterovirus. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo. 85 p.
- Loeza-Kuk, E., E.C. Palacios-Torres, D.L. Ochoa-Martínez, G. Mora-Aguilera, M.A. Gutiérrez-Espinosa, V.J. Febres, G.A. Moore y R. Álvarez-Ramos. 2005. Molecular characterization of citrus tristeza virus isolates from Veracruz and Tamaulipas states, Mexico. Proceedings of the 16th Conference of the International Organization of Citrus Virologists 407-411.
- Mendoza, A., C. Salazar, O. Alvarado, M.A. Cruz, y H. Barrera. 2003. Diferenciación molecular de razas severas y débiles de aislamientos del virus tristeza de los cítricos en México. Revista Fitotecnia Mexicana 26:223-230.
- North American Plant Protection Organization. 2017. <https://www.pestalerts.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=725>. Consultado 7 de septiembre de 2018.
- Rivas-Valencia, P., Loeza-Kuk, E., Domínguez-Monge, S. y C.T. Lomas-Barrié. 2017. Chronic infection of the citrus tristeza virus in *Citrus sinensis* / *C. aurantium* trees in a restrictive thermal regime in Yucatán. Revista Chapingo Serie Horticultura, 23(3):187-202.
- Rubio, L., M.A. Ayllón, P. Kong, A. Fernández, M. Polek, J. Guerra, P. Moreno and B. W. Falk. 2001. Genetic variation of Citrus tristeza virus isolates from California and Spain: evidence for mixed infections and recombination. Journal of Virology 75(17):8054-8062.
- Ruiz-Ruiz, S., Moreno P., Guerria J. and A. Silvia Ambrósab. 2007. A real-time RT-PCR assay for detection and absolute quantitation of *Citrus tristeza virus* in different plant tissues. J. of Virol. Meth. 145(2): 96-105.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018 http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do. Consultado 7 de septiembre de 2018.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. Molecular Biology and Evolution, 30(12): 2725–2729.



Créditos Editoriales

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

Año 2, Núm. 1, octubre de 2018

EDITORES GENERALES

Sergio Alberto Curti Díaz

Julio César Vinay Vadillo

EDITORES

Aixel Maya Martínez

Ana Lid Del Angel Pérez

Ángel Ríos Utrera

Carmen Aridai Hernández Estrada

Javier Francisco Enríquez Quiroz

José Alfredo Villagómez Cortes

José Isidro Melchor Marroquín

Juan Carlos Tamarit Urias

Marcos Ventura Vazquez Hernandez

Martha Elena Fuentes López

Melchor Rodríguez Acosta

Oscar Hugo Tosquy Valle

Rigoberto Zetina Lezama

Rubén Loeza Limón

Valentín Alberto Esqueda Esquivel



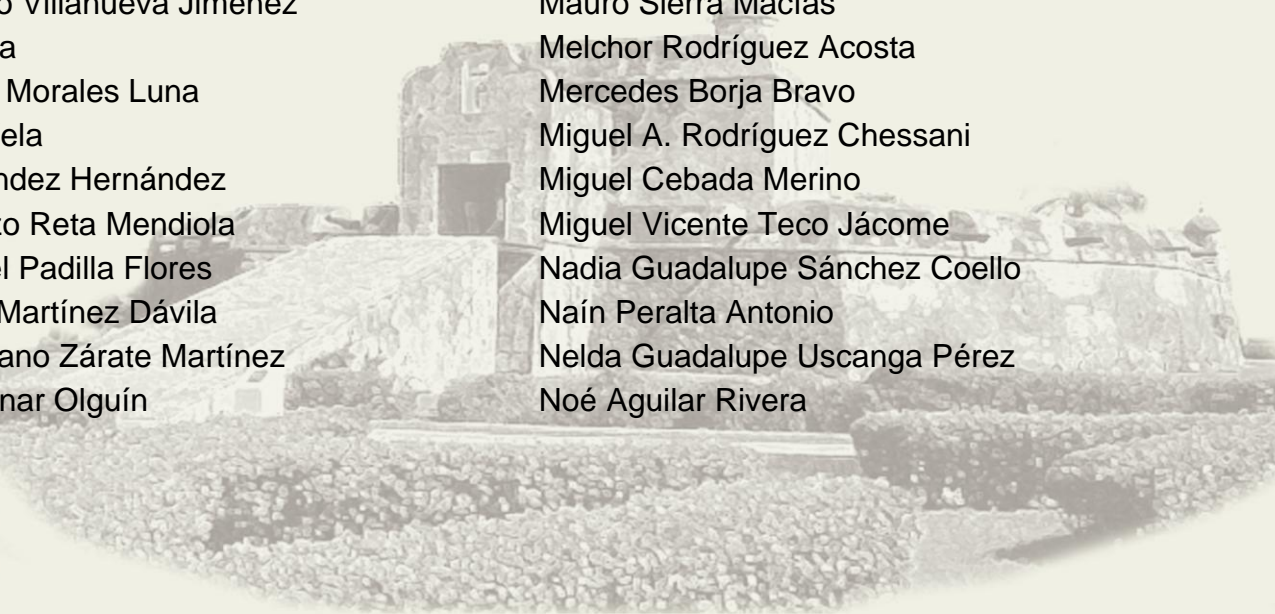
REVISORES TÉCNICOS

Abraham Fragoso Islas	Elías Ortíz Cervantes
Adán Cabal Prieto	Elvia López Pérez
Adán Guillermo Ramírez García	Emanuel Garduño
Alberto Asiain Hoyos	Emiliano Loeza Kuk
Alejandra Vélez Izquierdo	Enrique Noé Becerra Leor
Alejandro Salinas Castro	Epigmenio Castillo Gallegos
Alejandra Soto Estrada	Ernesto López Salinas
Alma Velia Ayala Garay	Estebán Escamilla Prado
Ana Laura López Escamilla	Eulogio Flores Ayala
Ana Lid Del Ángel Pérez	Eusebio Ortega Jiménez
Andrés Rebolledo Martínez	Felipe de Jesús Flores De la Rosa
Andrés Vásquez Hernández	Felipe Gallardo López
Angel Enrique Núñez Sánchez	Felipe Mirafuentes Hernández
Ángel Ríos Utrera	Felipe Montiel Palacios
Antonio Hernández Beltrán	Felipe Roberto Flores De la Rosa
Antonio Villalobos González	Félix D. Murillo Cuevas
Araceli Martínez Sánchez	Flavio A. Rodríguez Montalvo
Arturo Durán Prado	Francisco Alejandro Castrejón Pineda
Bertha Sofía Larque Saavedra	Francisco Enrique Cab Jiménez
Carlos Alberto Tinoco Alfaro	Francisco Indalecio Juárez Lagunes
Carlos R. Monroy Rivera	Francisco Javier Ibarra Perez
Carmen Aridai Hernández Estrada	Francisco Javier Ugalde Acosta
Celia Cecilia Acosta Hernández	Francisco Tobías Barradas Piña
César Mauricio Torres Tadeo	Francisco Xavier Pérez Vázquez
Christian Arturo Hernández Hernández	Fritz Ruíz Rojas
Claudia Lorena Fernández López	Gabriel Díaz Padilla
Claudia T. Lomas Barrié	Gerardo Montiel Vicencio
Cristino Cruz Lazo	Germán Muñoz Córdova
Dagoberto Garza García	Gerónimo Quiñonez Barraza
Diana Uresti Duran	Guillermo Rodríguez Rivas
Doris G. Castillo Rocha	Héctor Cabrera Mireles
Dulce María Murrieta Hernández	Héctor Viveros Viveros
Edgar Hernández Máximo	Hugo Pérez Ramírez
Edna Suárez Patlán	Isaac Meneses Márquez
Eduardo Daniel Bolaños Aguilar	Isabel Alemán Chávez
Eileen Salinas Cruz	Isalia Morales Palacios



Isidro Fernández González
Jaime Negrín Ruiz
Jaime Rangel Quintos
Javier Domínguez Mora
Javier Francisco Enríquez Quiroz
Jeremías Natarén Velázquez
Jericó Jabín Bello Bello
Jesús Jácome Rincón
Jesús Jarillo Rodríguez
Jesús Montoya Mendoza
Jesús Uresti Gil
Joaquín Velázquez Monreal
Jonathan Hernández Ramos
Jorge Alberto Pérez Fuentes
Jorge Gustavo Rodríguez Escobar
Jorge Luis Oviedo Pérez
Jorge Oliva Hernández
Jorge Quiroz Valiente
Jorge Víctor Rosete Fernández
Josafath Omar Hernández Vélez
José Alfredo Villagómez Cortés
José Antonio Torres Rivera
José de Jesús Mario Ramírez González
José Isabel López Arroyo
José Leonardo Sánchez Tafolla
José Luis Romano Muñoz
José Vidal Cob Uicab
Juan Acosta Jimeno
Juan Antonio Villanueva Jiménez
Juan Becerra
Juan Carlos Morales Luna
Juan Díaz Vela
Juan Hernández Hernández
Juan Lorenzo Reta Mendiola
Juan Manuel Padilla Flores
Juan Pablo Martínez Dávila
Juan Prisciliano Zárate Martínez
Juan Quintanar Olguín

Julio Rosas Pulido
Karina Ramírez López
Laureano Rebolledo Martínez
Lizette Cicero Jurado
Lorenzo Granados Zurita
Luis Antonio Calderón Palomares
Luis Antonio Lopez Escobar
Luis Corona Gochi
Luis Eliezer Cruz Bacab
Luis González Reynoso
Luis Ubaldo Castruita Esparza
Luisa Patricia Uranga Valencia
Magdalena Jiménez Hernández
Marco Antonio Reynolds Chávez
Marco Ventura Vázquez Hernández
María Ariadna Escalante Rebolledo
María de Jesús Martínez Hernández
María de Lourdes Pérez Chabela
María del Carmen Álvarez Ávila
María del Refugio Castañeda Chávez
María Enriqueta López Vázquez
Mariano Morales Guerra
Maribel Montero Lagunes
Mario Garduño Lugo
Martha E. Valdovinos Terán
Martha Elena Fuentes López
Martha Elena Martínez Sánchez
Maurilio Mendoza Mexicano
Mauro Sierra Macías
Melchor Rodríguez Acosta
Mercedes Borja Bravo
Miguel A. Rodríguez Chessani
Miguel Cebada Merino
Miguel Vicente Teco Jácome
Nadia Guadalupe Sánchez Coello
Naín Peralta Antonio
Nelda Guadalupe Uscanga Pérez
Noé Aguilar Rivera



Noel Carrillo Ávila
Noemí Nava Valente
Olga Santiago Trinidad
Osca Hugo Tosquy Valle
Oscar Andrés Del Ángel Coronel
Otto Raúl Leyva Ovalle
Patricia Devezé Murillo
Pedro Cisneros Saguilán
Pedro Zetina Córdoba
Rafael A. Guajardo Panes
Rafael Olea Pérez
Ramiro Escobar Hernández
Ramón Zulueta Rodríguez
Raúl Rodríguez Guerra
René Carlos Calderón Robles
Ricardo Basurto Gutiérrez
Ricardo Garcia Baroja
Ricardo Serna Lagunes
Roberto Omar Castañeda Arriola
Rogelio Miranda Marini
Romeo Ruiz Bello
Rosa Amelia Pedraza Pérez
Rosalío López Morgado
Rubén Loeza Limón
Rutilo López López
Sabel Barrón Freyre
Salvador Guzmán Guzmán
Salvador Partida Sedas
Santos Díaz Martínez
Sara Olazarán Jenkins
Saúl Castañeda Díaz
Sergio Iván Román Ponce
Sergio Orozco Cirilo
Silvia Devars Ramos
Sorelly Ramírez Romero
Teresa Aguas Rendón
Valentín A. Esqueda Esquivel
Venancio Cuevas Reyes

Verónica Lango Reynoso
Vicente Eliezer Vega Murillo
Vicente Sánchez Monsalvo
Víctor Manuel Cisneros Solano
Víctor Martín Zárata Noble
Virginia Rebolledo Camacho

COMPILADORES

Julio César Vinay Vadillo
Valentín Alberto Esqueda Esquivel
Oscar Hugo Tosquy Valle
Ángel Ríos Utrera
Rigoberto Zetina Lezama
Ana Lid Del Angel Pérez
Marcos Ventura Vázquez Hernández
Claudia Perdomo Montes

FORMACIÓN Y DISEÑO

Claudia Perdomo Montes
Frida Isabel López Alejandro





VERACRUZ 2018