ISSN: 2594-1569

XXXVII

REUNIÓN CIENTÍFICA-TECNOLÓGICA, FORESTAL Y AGROPECUARIA VERACRUZ

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Año 7, Núm. 1
1, 2, 3 y 4 de octubre de 2025

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Dr. Julio Antonio Berdegué Sacristán
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México

Lic. Leonel Efraín Cota Montaño
Subsecretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Dr. Evaristo Ovando Ramírez
Titular de la Oficina de Representación Estatal de la SADER en Veracruz

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Dr. Miguel Jorge García Winder
Director General

Dr. Rafael Ariza Flores
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

Dr. Luis Ortega Reyes
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Mtro. Martín Rafael González Hernández
Coordinador de Administración y Sistemas

Lic. Leonardo Ávila Franco
Titular de la Unidad Jurídica

Centro de Investigación Regional Golfo Centro

Dr. Rubén Santos Echeverría
Director Regional

Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre
Director de Investigación

Lic. Malinatzin García Robles
Directora de Administración

"Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Veracruz"

Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria, Veracruz. Año 7, No. 1, noviembre 2025, 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: Dr. Rubén Santos Echeverría. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-031717283400-102, ISSN: 2594-1569 on line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre, Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, mpio., de Medellín de Bravo, Ver. CP. 94277, Teléfonos: 5538713700, ext. 87809.

http://rctveracruz.org/publicaciones.html

Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un comité científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes instituciones y dependencias públicas; el contenido expresado en cada trabajo es responsabilidad del autor.

Compiladores: María Enriqueta López Vázquez, Oscar Hugo Tosquy Valle, Andrés Rebolledo Martínez, Lucas Alejandro Fadda y Claudia Perdomo Montes.

XXXVII

REUNIÓN CIENTÍFICA-TECNOLÓGICA, FORESTAL Y AGROPECUARIA VERACRUZ

Agricultura
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Gobierno del Estado de Veracruz 2024 - 2030

COVEICYDET
Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico

SEDARPA
Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Colegio de Postgraduados

Universidad Veracruzana

DET

Tecnológico Nacional de México

AGRÍCOLA

SILICIO COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN PLANTAS DE TOMATE SILVESTRE (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) 1
Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta, Fernando Carlos Gómez-Merino, Libia Iris Trejo-Téllez, Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Lucero del Mar Ruiz-Posadas y José Leonardo Ledea-Rodríguez

TÉCNICAS DE INJERTACIÓN Y MANIPULACIÓN DE PORTAINJERTOS EN LIMÓN PERSA *Citrus* × *latifolia* 3
Pablo Ulises Hernández-Lara, Sergio Salgado-Velázquez y Diana Rubi Ramos-López

EFECTO DEL NEODIMIO (Nd) EN CRECIMIENTO INICIAL Y UNIDADES SPAD EN ACELGA 6
Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Fernando Carlos Gómez-Merino y Libia Iris Trejo-Téllez

EFECTOS DEL NEODIMIO (Nd) EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE RÁBANO 8
Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Fernando Carlos Gómez-Merino y Libia Iris Trejo-Téllez

EFECTOS BIOESTIMULANTES DEL TITANIO (Ti) EN CONCENTRACIONES DE MICRONUTRIMENTOS EN CAÑA DE AZÚCAR 10
Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Fernando Carlos Gómez-Merino, Libia Iris Trejo-Téllez y Juan Valente Hidalgo-Contreras

EL ÁCIDO FOSFOROSO AFECTA LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONCENTRACIÓN DE CLOROFILAS TOTALES EN GRAMÍNEAS INVASORAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR 13
Fernando C. Gómez-Merino, Libia I. Trejo-Téllez, Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Jericó Jabín Bello-Bello y Juan Valente Hidalgo-Contreras

CLOROFILAS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN MALEZAS DICOTILEDÓNEAS TRATADAS CON FOSFITO (Phi) 15
Fernando C. Gómez-Merino, Libia I. Trejo-Téllez, Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Jericó Jabín Bello-Bello, Juan Valente Hidalgo Contreras

RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE AJONJOLÍ EN GUERRERO 17
Romualdo Vásquez-Ortiz, Rocío Toledo-Aguilar, Ignacio Benítez-Riquelme, Leticia Tavitas-Fuentes, Mariano Morales-Guerra y David H. Noriega-Cantú

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FITOHORMONAS SOBRE PARÁMETROS RELACIONADOS CON SÍNTOMAS DEL HLB EN LIMA PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) 20
Fredy Morales-Trejo, Juan Antonio Villanueva-Jiménez, Luis Alfredo Pérez-Zárate, Aída Martínez-Hernández, Nora Aida Hernández-Avendaño y Hasel Lara-Adame

INNOVACIÓN EN PROCESOS DE PROPAGACIÓN VEGETAL: UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN AGRÍCOLA PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAPA EN VERACRUZ 23
Francisco Hernández-Quinto, Regina María Medina-Sauza, Daniel Alejandro García-López, Eusebio Zúñiga-Espinosa y Emmanuel Reyes-Zapata

FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO GRAL. HELIODORO CASTILLO, GUERRERO 26
Martín Solis-Martínez, José Manuel Hernández-Salgado, Juan Antonio Chamú-Baranda, José Emilio Bueno-Jáquez, Rubén Santos-Echeverría y Eloy Canales-Sosa

V-540 NUEVA VARIEDAD DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO 29
Mauro Sierra-Macias, Clara Ríos-Isidro, Noel Orlando Gómez-Montiel y Sabel Barrón-Freyre

GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PROSPECTOS PARA LA CUENCA BAJA DEL PAPALOAPAN BAJO CONDICIONES DE HUMEDAD RESIDUAL 32
Mauro Sierra-Macías, Clara Ríos-Isidro, Noel Orlando Gómez-Montiel, Reyna Michelle Fierro-López, Arturo Guiris-Guzmán, José Manuel Almendras-León, Sergio Rodríguez-Roy, Roberto Panuncio Mora-Solis y Rubén Onofre Aguirre-Alonso

ÁCIDO FOSFOROSO COMO FUENTE DE FOSFITO PARA EL CONTROL DE ARVENSES DE HOJA ANCHA EN CAÑA DE AZÚCAR 35
Fernando C. Gómez-Merino, Libia I. Trejo-Téllez, Víctor Hugo Carbajal-Vázquez, Jericó Jabín Bello-Bello y Juan Valente Hidalgo-Contreras

PROPAGACIÓN DE *Clinopodium mexicanum* UNA PLANTA ANSIOLÍTICA 38
Miriam Sánchez-Alberto, Aarón Comunidad-Villa, Minerva Rosas-Morales y Ada María Ríos-Cortés

COMPORTAMIENTO DE LA SEVERIDAD DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN EL SITIO EXPERIMENTAL TEOCELO DEL INIFAP, XALAPA VERACRUZ 41
Yanelis Avilés-Tamayo, Mauricio Luna-Rodríguez, Carlos Roberto Cerdán-Cabrera y Gabriel Díaz-Padilla

RESPUESTA PRODUCTIVA DEL JITOMATE A LA APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDO SALICÍLICO Y MIEL BAJO CONDICIONES DE MALLA SOMBRA 43
Patricio Apáez-Barrios, Yurixhi Atenea Raya-Montaño, Noé Armando Ávila-Ramírez y Abimael López-López

AGRÍCOLA

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN COMBINADA DE N Y COMPOSTA EN LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE JUGO EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.) 46
César Augusto Hernández-Pérez, Josafhat Salinas-Ruiz, Aleida Selene Hernández-Cázares, Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes y Joel Velasco-Velasco

RENDIMIENTO Y MORFOMETRÍA DE CUATRO CEPAS DE (*Pleurotus* Spp.) EN RASTROJO DE CAÑA DE AZÚCAR, CULTIVADAS EN CUICHAPA, VERACRUZ 49
Alejandro Llaguno-Aguiñaga, Sara Haydee Castillo-Velasco, Joel Velasco-Velasco, Rubén Purroy-Vasquez, Jasiel Valdivia-Sanchez y Emanuel de Jesús Ramirez-Rivera

ACCESIONES E HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN CONDICIONES DE TEMPORAL CRÍTICO EN EL ESTADO DE TLAXCALA 51
Israel Rojas-Martínez, Rogelio Fernández-Sosa y José Luis Arellano-Vázquez

EFECTO DE DOS ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS EN PLÁNTULAS DE PEPINO BAJO ESTRÉS POR *Fusarium oxysporum* 54
Guadalupe Contreras-Martínez, Liliana Lara-Capistrán, Ana Elena Acosta-Dorantes, Norma Flores-Estévez, Ángel Isauro Ortiz-Ceballos, Elia Nora Aquino-Bolaños y Juan Carlos Noa-Carrazana

DOSIS DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS Y RENDIMIENTO DE *Physalis ixocarpa* Brot. Ex. Horm 57
Isabel Alemán-Chavez, Alondra Alejandrina Bautista-Cruz, Elia Nora Aquino-Bolaños, Jimena E. Alba-Jimenez, María Luisa Moreno-Cortes y Liliana Lara-Capistrán

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE *Bacillus subtilis* EXTREMÓFILO AISLADO DE ESTROMATOLITOS CONTRA *Fusarium oxysporum* AGENTE CAUSAL DE LA MARCHITEZ VASCULAR DEL JITOMATE 60
Héctor Santiago Hernández-Navarro, Norma Flores-Estévez, Liliana Lara-Capistrán y Juan Carlos Noa-Carrazana

EFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y FERTILIZACIÓN COMBINADA EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ CRIOLLO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS 63
Yesica Berenice Martínez-Becerril, Axel Iván López-Ramírez, Luz Amelia Sánchez-Landero, Dora Trejo-Aguilar, Yahaira Baeza-Guzmán y Wendy Sangabriel-Conde

DINÁMICA DE DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS POSCOSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum* spp. MEDIANTE ACTIVADORES MICROBIANOS 66
Indavani Arguello-Del Valle, Juan Antonio Pérez-Sato, Noé Aguilar-Rivera, César Augusto Hernández-Pérez y Joel Velasco-Velasco

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE GENOTIPOS DE JITOMATE EN RESPUESTA AL CALCIO EN FERTIRRIEGO BAJO SOMBRA 69
Juan Antonio Chamú-Baranda, Carlos David Carretillo-Moctezuma, Horacio Adulfo Pérez-Espinoza, Martín Solís-Martínez, Eloy Canales-Sosa y Mayra Isela Merlos-Brito

METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO 72
Martín Solis-Martínez, Daniel Damián-López, Juan Antonio Chamú-Baranda, Rogelio Carrillo-González, Lidia Velasco-Velasco y Eloy Canales-Sosa

ACTIVIDAD NEMATICIDA *in vitro* DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA *Pratylenchus* sp. PARÁSITO DE CAÑA DE AZÚCAR 75
Carlos Yair Vásquez-González, Fernando Hernández-Baz, Alejandro Salinas-Castro, Noe Aguilar-Rivera y Daniel López-Lima

USO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA EL CONTROL DE *Lasiodiplodia pseudotheobromae* 77
Oscar Ceballos-Luna, Alex Amir López-Márquez, Norma Flores-Estévez y Juan Carlos Noa-Carrazana

BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN PLÁNTULAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) 80
Félix David Murillo-Cuevas, Jacel Adame-García, Adriana Elena Rivera-Meza, José Antonio Fernández-Viveros, Feliciana Noemi Silva-Ventura y Héctor Cabrera-Mireles

RESPUESTA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) A LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE MICROBIANO BAJO ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA REDUCIDA 83
Jacel Adame-García, Félix David Murillo-Cuevas, José Antonio Fernández-Viveros, Adriana Elena Rivera-Meza y Héctor Cabrera-Mireles

ACTIVIDAD EDÁFICA DE LA TUZA (*Orthogeomys hispidus* L.) EN AGROENTORNOS CAÑEROS DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN 86
Arturo Heribia-Virués, Miguel Ángel Rodriguez-Chiunti y Adán Vidal-Gamboa

AGRÍCOLA

CONCENTRACIONES DE MICRONUTRIMENTOS EN RAÍCES DE DIFERENTES CULTIVARES DE ARROZ EXPUESTOS A ESTRÉS OSMÓTICO *89*
Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta, Fernando Carlos Gómez-Merino, Libia Iris Trejo-Téllez y Edgar Córdoba-Ayerde

CALCULADORA DE TAMAÑO DE MUESTRA PARA PLANES DE MUESTREO FITOZOOSANITARIO BASADOS EN EL RIESGO *92*
Luis Gabriel Otero-Prevost, Pedro Macías-Canales, Gustavo Ramírez-Valverde, Juan A. Villanueva-Jiménez, Jorge Luis Leyva-Vázquez

EFECTO DE TRATAMIENTOS SELECTOS PARA SUSTITUCIÓN DEL GLIFOSATO EN EL CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) *95*
Valentín A. Esqueda-Esquivel, Javier Francisco Enríquez-Quiroz y Cristian Matilde-Hernández

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA DIRECTA EN CAFÉ (*Coffea* spp.) *98*
Sandra Silvana Schettino-Salomon, José Juan Zúñiga-Aguilar, Eliel Ruiz-May, Daniel Pérez-Pascual, Doribet Jiménez-Guillen, Adriana Contreras-Oliva y Jericó Jabín Bello-Bello

CALIDAD DE CHILES JALAPEÑO Y HABANERO CON FERTILIZACION SUSTENTABLE EN AMBIENTE PROTEGIDO EN LA REGIÓN TROPICAL *101*
Andrés Vásquez-Hernández, Arturo Duran-Prado, Héctor Cabrera-Mireles, Isaac Meneses-Márquez y Arturo Andrés-Gomez

MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) UTILIZANDO BIORREACTORES-PET *104*
Eucario Mancilla-Álvarez, María Angélica Fuentes-Torres, Maurilio Mendoza-Mexicano y Jericó Jabín Bello-Bello

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE VAINILLA RESISTENTES A *Fusarium oxysporum* *107*
Juan Hernández-Hernández, Oscar Pérez-Hernández y Ángel Ríos-Utrera

ACLIMATIZACIÓN DE PLÁNTULAS MICROPROPAGADAS DE VAINILLA UTILIZANDO UNA RIZOBACTERIA (*Azospirillum brasilense*) *110*
María Karen Serrano-Fuentes, Víctor Adrián Delgado-Rivera, Juan Antonio Pérez-Sato, Maurilio Mendoza-Mexicano, Ricardo Sánchez-Páez y Jericó Jabín Bello-Bello

MICROPROPAGACIÓN DE *Agave marmorata* Roelz UTILIZANDO BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL: EFICIENCIA Y CALIDAD FISIOLÓGICA *113*
María del Rosario Moreno-Hernández, Eucario Mancilla-Álvarez, Adriana Contreras-Oliva, Maurilio Mendoza-Mexicano y Jericó Jabín Bello-Bello

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN *Zamia furfuracea*: UNA CÍCADA ENDÉMICA DE MÉXICO *116*
Iliana Santiago-Hernández, Alejandro Salinas-Castro, Maurilio Mendoza-Mexicano y Jericó Jabín Bello-Bello

IDENTIFICACIÓN DE CLÚSTERS DE GENES DE BIOSÍNTESIS (BGCS) EN EL GENOMA DE UNA BACTERIA PGPR DEL GÉNERO (*Stenotrophomonas*) *119*
Felipe Roberto Flores-de la Rosa, Jacel Adame-García, Carlos González-Cruz, Ricardo Santillán-Mendoza, Humberto Estrella-Maldonado y Cristian Matilde-Hernández

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES DE *Lasiodiplodia* ASOCIADAS A NARANJA DULCE CON MUERTE DESCENDENTE *122*
Ricardo Santillán-Mendoza, Jazmín Vergara-Estudillo, Felipe Roberto Flores-de la Rosa, Humberto Estrella-Maldonado, Cristian Matilde-Hernández y María del Carmen Pablo-Mendoza

SELECCIÓN DE INDIVIDUOS SOBRESALIENTES DE (*Coffea arabica*) MEDIANTE UN ALGORITMO EN EXCEL *125*
Edgar Couttolenc-Brenis, Marco Antonio Toral-Juárez y Rosalio López Morgado

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTOROMA Y DE LA FAMILIA DE GENES *SIX* DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* *128*
Ricardo Santillán-Mendoza, Felipe R. Flores-de la Rosa, Juan Hernández-Hernández, Cristian Matilde-Hernández, Humberto J. Estrella-Maldonado y María del Carmen Pablo-Mendoza

INFLUENCIA DE LANTANO SOBRE PARÁMETROS MORFOFISIOLÓGICOS Y RENDIMIENTO EN *Cucumis sativus* L. *131*
Xavier Soto-Oliva, Guadalupe Contreras-Martínez, Juan Carlos Noa-Carranza y Liliana Lara-Capistrán

EFECTO DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE *Coffea arabica* L. VAR. IAPAR-59 BAJO CONDICIONES DE VIVERO *134*
Luisa Raquenell Montero-Rosas, Marco Antonio Toral-Juárez, Yahir Alberto Reyes-Antonio, Edgar Couttolenc-Brenis, Rosalío López-Morgado y Enrique Hernández-Reich

AGRÍCOLA

ANÁLISIS DE SUELOS MEDIANTE EL ESPECTROFOTÓMETRO DE INFRARROJO CERCANO Y LA QUIMIOMETRÍA 137
Armando Guerrero-Peña

FACTORES DE TRANSCRIPCIÓN WRKY COMO MODULADORES DE RESPUESTA AL ESTRÉS BIÓTICO EN LIMÓN PERSA (*Citrus x latifolia*) 140
Berenice Preza-Murrieta, Felipe Roberto Flores-de la Rosa, Norma Flores-Estévez y Juan Carlos Noa-Carrazana

IDENTIFICACIÓN DE DOMINIOS NOI EN SECUENCIAS RIN4-like EN EL PROTEOMA DE *Citrus sinensis* 143
Erick Angel Mendoza-Pérez, Felipe Roberto Flores-de la Rosa, Mauricio Luna-Rodríguez, Nadia Guadalupe Sánchez-Coello y Ricardo Santillán-Mendoza

EFECTO DEL MÉTODO Y FERTILIZACIÓN CON NPK EN EL RENDIMIENTO DE CALABAZA EN EL ESTADO DE TLAXCALA 146
Israel Rojas Martínez y Rogelio Fernández Sosa

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACCESIONES NATIVAS DE CONDICIONES AGROCLIMATICAS LIMITANTES DE MAÍZ AMARILLO EN EL ESTADO DE TLAXCALA 149
Rogelio Fernández Sosa e Israel Rojas Martínez

CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO POR SU RESISTENCIA A LA SEQUÍA TERMINAL 152
Rigoberto Zetina-Lezama, Oscar Hugo Tosquy-Valle, José Luis Anaya-López, Marcos Ventura Vázquez-Hernández y Lucas Alejandro Fadda

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE GENES RELACIONADOS A LA PATOGENICIDAD (PR) EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN RESPUESTA AL HUANGLONGBING 155
Humberto Estrella-Maldonado, Raúl Díaz-Martínez, Arianna Chan-León, Ricardo Santillán-Mendoza, Cristian Matilde-Hernández y Felipe R. Flores-de la Rosa

ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE WOOD POCKET EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ 158
Humberto Estrella-Maldonado, Jesús Mora-Solís, Ricardo Santillán-Mendoza, Felipe R. Flores-de la Rosa, Cristian Matilde-Hernández y María del Carmen Pablo-Mendoza

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN SUELOS ÁCIDOS EN EL SUR DE VERACRUZ 161
Marcos Ventura Vázquez-Hernández, Oscar Hugo Tosquy-Valle, Rigoberto Zetina-Lezama, María de los Ángeles Acevedo-Cortés, Sabel Barrón-Frayre y María Dora Castillo-Rodríguez

CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ETILENO EN FRUTOS DE *Carica papaya* DURANTE SU MADURACIÓN POSTCOSECHA 164
Arianna Chan-León, Humberto Estrella-Maldonado, Gabriela Fuentes-Ortíz y Jorge M. Santamaría

DESEMPEÑO AGROINDUSTRIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL ESTADO DE COLIMA 166
Jeovani Francisco Cervantes-Preciado, Paulo Alejandro Alcaraz-Tapia, Maurilio Mendoza-Mexicano y Altagracia Reyes-Castillo

DIFERENCIAS DE PRODUCTIVIDAD ENTRE SORGOS FORRAJEROS, ETANOLEROS Y SÚPER-SORGOS EN GUANAJUATO 169
Miguel Hernández Martínez

ADAPTACIÓN Y POTENCIAL PRODUCTIVO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO 171
Clara Ríos Isidro, Mauro Sierra Macias, Neli Martínez Martínez, Noel Orlando Gómez Montiel, Mercedes Gómez Gómez, Manuel Sedeño Pastrana, Arturo Guiris Guzmán, Reyna Michelle Fierro López y Octavio Cano Reyes

EFECTO DEL ENCALADO EN LA PRODUCTIVIDAD DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN SUELOS ÁCIDOS EN EL SUR DE VERACRUZ 174
Marcos Ventura Vázquez-Hernández, Oscar Hugo Tosquy-Valle, Rigoberto Zetina-Lezama, María de los Ángeles Acevedo-Cortés, Sabel Barrón-Frayre y María Dora Castillo-Rodríguez

USO DE AGROQUÍMICOS EN PRÁCTICAS AGRÍCOLAS, RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN JALISCO, MÉXICO (estudio preliminar) 177
Valente Macías-López, Rubén Darío Guevara-Gutiérrez, Oscar Arturo Barreto-Garcia, José Luis Olguín-López y José Manuel Ramírez Romero

AGRÍCOLA

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE GENOTIPOS DE CHILE HABANERO CON PODA DE FORMACIÓN BAJO CASA SOMBRA *180*
Juan Antonio Chamú-Baranda, María Verónica Rifas-Juárez, Martín Solís-Martínez, Eloy Canales-Sosa, Oscar Martín Antúnez-Ocampo y Enrique García-González

EFECTO DE AMINOÁCIDOS Y SILICATO DE POTASIO EN EL RENDIMIENTO DEL RÁBANO VARIEDAD SCARLET *183*
Gloria Esperanza De Dios-León, Armando Guerrero-Peña, María Alva Ángel-Lara, Norma Ana Beli Coria-Gil, Agustín Herrera-Solano y Yamil Loyo-Pérez

RESPUESTA FISIOLÓGICA *in vitro* DE *Saccharum* spp. HÍBRIDO c.v CP 72-2086 AL ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO *186*
Gustavo Ramírez-Madero, Rosalía Núñez-Pastrana, Regulo Carlos Llarena-Hernández, Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes, Norma Ana Beli Coria-Gil y Norma Flores-Estévez

ESTIMACIÓN NO DESTRUCTIVA DEL CONTENIDO DE CLOROFILA EN CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES DIGITALES *189*
Rogelio Miranda-Marini, Nicacio Cruz-Huerta, Víctor Arturo González-Hernández, Valentín Alberto Esqueda-Esquivel y José Alfredo Carrillo-Salazar

EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL KOH SOBRE EL RENDIMIENTO DE LIGNINA A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS *191*
Alejandro Perez-Rosales, Liliana Eunice Saucedo-Picazo, Alma Velia Ayala-Garay, Roberto de la Cruz Díaz-Juárez y Oscar Martín Antúnez-Ocampo

CARACTERIZACIÓN DE LA TEXTURA, CIC Y BASES INTERCAMBIABLES EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL ESTADO DE MORELOS *194*
Alejandro Perez-Rosales, Edwin Javier Barrios-Gomez, Mariangualdalupe Hernández-Arenas, Sandra Eloísa Rangel-Estrada y Jaime Canul-Ku

RESPUESTA MORFOLÓGICA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp. VAR. CP 72-2086) A LA INOCULACIÓN CON SPECTRUM® MICORADIX L, DURANTE LA ETAPA DE GERMINACIÓN *197*
Monserrat Sorcia-Morales, Tania Romero-Figueiras, Wendy Espinoza-Sandoval, Arturo Alonso Armas-Silva, Fátima Ocsiris Tapia-Ramírez y Jaime Peña-Sánchez

PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE VARIEDADES DE ARROZ DE GRANO GRUESO EN NAYARIT *200*
Enrique Inoscencio Canales-Islas, Edwin Javier Barrios-Gómez, Jaime Canul-Ku, Marianguadalupe Hernández-Arenas, Juan Patishtan-Pérez, Gerardo Colín-García y Oswaldo Hernández-López

CRECIMIENTO EN BOLSAS DE ALMÁCIGO DE CUATRO CLONES DE CAFÉ ROBUSTA PROPAGADOS POR ESTACAS ENRAIZADAS *203*
Rolando Misael Tlaxcala-Méndez, Martin Aquino-Ramírez, José Antonio Hernández-Moreno, Carlos Alberto Martínez-Márquez y Emanuel Román-Lozano

EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE TALLOS TIERNOS DE LA CRUCETA (*Acanthocereus tetragonus*) Y SU APROVECHAMIENTO EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA *206*
Jeremías Nataren Velázquez, Janine Lucía López González y Juan Valente Megchun García

PRODUCCIÓN DE ABONOS VERDES TROPICALES EN EL CICLO PRIMAVERA–VERANO *209*
Nain Peralta-Antonio, Andrés Rebolledo-Martinez, María Enriqueta López-Vázquez, Rosa Laura Rebolledo-García y Juan Guillermo Cruz-Castillo

BIOFERMENTOS DEGRADADORES DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PIÑA *212*
María Enriqueta López-Vázquez, Nain Peralta-Antonio, Rosa Laura Rebolledo-García y Andrés Rebolledo-Martínez

APLICACIÓN DE GAS ETILENO EN VERANO PARA INDUCIR LA FLORACIÓN DE PIÑA CUBIERTA CON MALLA SOMBRA *215*
Andrés Rebolledo-Martínez, Rosa Laura Rebolledo-García, María Enriqueta López-Vázquez y Nain Peralta-Antonio

PECUARIA

FRECUENCIAS GÉNICAS DE LOS ALELOS A1 Y A2 DEL GEN CSN2 EN VACAS DE LECHERÍA TROPICAL EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO *219*
José A García-Salas, Ana K Huesca-Rodríguez, Maribel Montero-Lagunes, Belisario Domínguez-Mancera, Antonio Hernández-Beltrán, Anthony Valverde A. y Patricia Cervantes-Acosta

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ECOTIPOS DE *Setaria* spp. INTRODUCIDOS DE ÁFRICA A LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ *222*
Javier Francisco Enríquez-Quiroz, Elías Yovan Guevara-Bautista, Maribel Montero-Lagunes, Arturo Ángel-Hernández y Juan Prisciliano Zarate-Martínez

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA SOBRE EL CRECIMIENTO DE TILAPIA (*Oreochromis* spp.) EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN *225*
Rubén Purroy-Vasquez, Alejandro Llaguno-Aguiñaga, A. David Flores-Flores, Yetlanezi Olivares-Martinez, A. Mayeli Garcia-López, Sara Haydee Castillo-Velasco, Jasiel Valdivia-Sánchez y Jorge Armida-Lozano

SEROFRECUENCIA DE BRUCELLOSIS EN BÚFALOS DE AGUA (*Bubalus bubalis*) DE TRES ESTADOS DEL SURESTE MEXICANO *227*
Raúl Miguel Reyes-Sandoval, Dora Romero-Salas y Rebeca Isabel Vergara-Reyes

INFLUENCIA DEL EFECTO TORO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE EMBRIONES *in vitro* EN EL TRÓPICO *230*
Alondra Zavaleta-Martínez, Manuel Barrientos-Morales, Patricia Cervantes-Acosta, Antonio Hernández-Beltrán, Araceli Rodríguez-Andrade y Belisario Dominguez-Mancera

DETECCIÓN MOLECULAR DE *Chlamydia* sp. EN PEQUEÑOS RUMIANTES DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ *233*
Guillermo Edrey Francisco-Trinidad, Daniel Sokani Sánchez-Montes, Javier Cruz Huerta-Peña, Miguel Ángel Lammoglia-Villagómez, Jorge Luis Chagoya-Fuentes, Alfredo González-Castro y Gabriela Romina Hernández-Carbajal

TOLERANCIA AL ESTRÉS CALÓRICO EN GENOTIPOS DE GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO *236*
Fernando Monjaras-Hernandez, Juan Prisciliano Zárate-Martínez, Arturo Ángel-Hernández, Jaime Rangel-Quintos, Javier Francisco Enriquez-Quiroz y Vicente Eliezer Vega-Murillo

FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) PELETIZADA MANTIENE EL pH Y PROTOZOARIOS RUMINALES EN BORREGAS BLACK BELLY *239*
Tony Platas-Ramírez, José Manuel Martínez-Hernández, Francisco Indalecio Juárez-Lagunes, Manlio Alpírez-Mendoza, María Fernanda De la Torre-González, Patricia Cervantes-Acosta, Manuel Barrientos-Morales, Antonio Hernández-Beltrán y Belisario Domínguez-Mancera

COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINO, SU EFECTO EN LOS INDICADORES PRODUCTIVOS Y RENDIMIENTO EN LA CANAL *242*
Oscar Iván Peña, Manuel Barrientos-Morales, José Manuel Martínez-Hernández, Manlio Alpírez-Mendoza, Patricia Cervantes-Acosta, Angélica Olivares-Muñoz, Antonio Hernández-Beltrán y Belisario Domínguez-Mancera

EFECTO DE LA DENSIDAD EN EL CRECIMIENTO DE *Pangasius hypophthalmus* EN EL MUNICIPIO MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ *245*
Vanessa Guadalupe Espinosa-Gómez, Patricia Devezé-Murillo y Alberto Asiain-Hoyos

CARACTERIZACIÓN DE MIEL DE CALAKMUL, CAMPECHE *248*
Armando Guerrero-Peña y Gloria Esperanza De Dios-León

EVALUACIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO *251*
Cynthia Olivia Retureta-González, Patricia Cervantes-Acosta, Vicente Vega-Murillo, Antonio Hernández-Beltrán, Francisco Juárez-Lagunes, Erika Andrea Hernández y Héctor Daniel Inurreta-Aguirre

METALES PESADOS EN CARNE DE COCODRILO PARA CONSUMO HUMANO *254*
Adrián Gutiérrez-Cervantes, Jesús Montoya-Mendoza, Carlos David Pérez-Brígido y Víctor Fernando Torres-Aburto

FORESTAL

EFECTOS DE LA CRIOCONSERVACIÓN EN SECO EN EL VIGOR Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Laguncularia racemosa* Y *Avicennia germinans* 257
Irving Fernando García-Fernández y Verónica Valadez-Rocha

NUEVA ESTRATEGIA PARA GENERAR ECUACIONES ÓPTIMAS DE VOLUMEN MADERABLE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL – ALGORITMO GENÉTICO 260
Juan Carlos Tamarit-Urias, Gerónimo Quiñonez-Barraza, José Carlos Monárrez-González y Enrique Buendía-Rodríguez

RELACIÓN ALTURA TOTAL-DIÁMETRO NORMAL PARA *Pinus montezumae* Lamb. EN MICHOACÁN ESTIMADA A TRAVÉS DE MÍNIMOS CUADRADOS NO LINEALES Y RANDOM FOREST 263
Jonathan Hernández-Ramos, Casimiro Ordóñez-Prado, Rubén Barrera-Ramírez, Adrián Hernández-Ramos, y Enrique Buendía-Rodríguez

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ASERRÍN DE GUAMÚCHIL (*Pithecellobium dulce*) PARA SU USO COMO SUSTRATO 266
Erickson Basave-Villalobos y Celi Gloria Calixto-Valencia

ZONIFICACIÓN DE SOBREVIVENCIAS DE PLANTAS DE PINOS MEXICANOS 269
Andrés Flores, Jorge Méndez-González, Tomás Pineda-Ojeda, Enrique Buendía-Rodríguez y Eulogio Flores-Ayala

INDUCCIÓN FLORAL CON APLICACIÓN DE GIBERELINAS EN PLANTACIONES DE ÁRBOLES DE NAVIDAD 272
Liliana Muñoz Gutiérrez

EVALUACIÓN QUÍMICA Y ENERGÉTICA DE BIOCOMBUSTIBLES DENSIFICADOS DE DOS ESPECIES ARBÓREAS 275
Faustino Ruiz-Aquino, José Guadalupe Rutiaga-Quiñones, Óscar Francisco Mijangos-Ricárdez, Wenceslao Santiago-García y Waldo Santiago-Juárez

ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES HOSPEDEROS ARBÓREOS DE *Psittacanthus schiedeanus* EN XALAPA, VERACRUZ, MEDIANTE REVISIÓN DE LITERATURA Y ENCUESTAS A EXPERTOS 278
Kevin Pastor Zetina-Basilio y Ricardo Musule-Lagunes

ESTIMACIÓN DE CARBONO AÉREO DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN EL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ 281
Héctor Viveros-Viveros, Odettee Isabel Cadena-Morales, Miguel Acosta-Mireles, Lázaro Rafael Sánchez-Velásquez, Susana Guillen-Rodríguez y Armando Aparicio-Rentería

PRUEBAS *in vitro* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium circinatum* CON *Trichoderma* sp. 284
Gabriela de Jesús Rivera-González, Alejandro Salinas-Castro, María del Carmen Núñez-Camargo, Daniel López Lima y Carlos Yair Vásquez-González

PRIMER REGISTRO DE *Dendroctonus valens* (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN *Pinus patula* EN XICO, VERACRUZ 287
Evelin Guadalupe Tepo-Córdoba, David Alarcón-Utrera, Guillermo Rodríguez-Rivas, Carlos Yair Vásquez-González y Daniel López-Lima

INVENTARIO FORESTAL MEDIANTE SENSORES REMOTOS, EN UNA PLANTACIÓN DE *Cedrela odorata* L. y *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. 290
José Antonio Hernández-Moreno, Ángel Román-Lozano y Carlos Alberto Martínez-Márquez

PROYECCIÓN DE COSECHA DE CULMOS DE BAMBÚ BASADO EN LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS 293
Casimiro Ordóñez-Prado, Juan Carlos Tamarit-Urias, Martha Elena Fuentes-López, Edna Elena Suárez-Patlán y Pedro Hernández-Zaragoza

MODELOS ALOMÉTRICOS ALTURA – DIÁMETRO PARA CULMOS DE CUATRO ESPECIES DE BAMBÚES INTRODUCIDAS A MÉXICO 296
Juan Carlos Tamarit-Urias, Martha Elena Fuentes-Lopez, Casimiro Ordóñez-Prado, Melchor Rodríguez-Acosta y Lucía Hernández-Adame

PAQUETE TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DEL PINABETE. I. INDUCCIÓN FLORAL 299
Liliana Muñoz Gutiérrez y Ángel Saúl Cruz Ramírez

ESTIMACIÓN DE VOLUMEN FUSTAL PARA *Pinus jaliscana* 301
Geraldine García-Espinoza, Arturo Reyes-Talavera, Jonathan Hernández-Ramos, J. Jesús García-Magaña y Enrique Buendía-Rodríguez

FORESTAL

EVALUACIÓN DE PROGENIES DE TERCERA GENERACIÓN DE *Pinus patula* Schl. et Cham. EN VIVERO 304
Elba Olivia Ramírez-García, Omar De la cruz-Palafox, Lilia del C Mendizábal-Hernández, Juan Alba-Landa y Juan Márquez-Ramírez

EFICIENCIA DE HONGOS ECTOMICORRÍCICOS COMESTIBLES (*Suillus* spp.) EN LA PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO DE *Pinus patula* EN VIVERO 307
Lucero Suárez-Villegas, Gabriela Sánchez-Viveros, Jesús Pérez-Moreno, Magdalena Martínez-Reyes y Carlos Roberto Cerdán-Cabrera

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS WORLDCLIM *VS* NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1991-2020 PARA LA COBERTURA FORESTAL EN LA CORDILLERA COFRE DE PEROTE – PICO DE ORIZABA 310
Víctor Soto, Erendira Roman y José Ángel Bonilla-Osorio

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE FENOTIPOS SUPERIORES DE MAGUEY PULQUERO EN PLANTACIONES DEL ESTADO DE MÉXICO 313
Sonia Teresa Cruz-Vasconcelos, Carlos Ramírez-Herrera, Valentín José Reyes-Hernández, Armando Gomez-Guerrero y Nicacio Cruz-Huerta

DAÑO DE *Myelobia* sp. EN PLANTACIÓN DE *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn: SITIO EXPERIMENTAL LAS MARGARITAS 316
Martha Elena Fuentes-López, Maribel Álvarez-Muñoz, Casimiro Ordóñez-Prado, Pedro Hernández-Zaragoza y Edna Elena Suárez-Patlán

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DEL CONOCIMIENTO FORESTAL EN MÉXICO: APORTACIONES DEL INIFAP 319
Valeria Martínez-Aquino, Edna Elena Suárez-Patlán, Azucena Olvera-Ortiz, Casimiro Ordóñez-Prado y Juan Quintanar-Olguin

ELUCIDACIÓN DE MOLÉCULAS PLATAFORMA POR METABOLÓMICA DIRIGIDA Y RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR 322
Edna Elena Suárez-Patlán, Holber Zuleta-Prada, José Enrique Herbert-Pucheta, Benito Reyes-Trejo y Teodoro Espinosa-Solares

MODELO DE CRECIMIENTO EN ÁREA BASAL CON EFECTO DE ACLAREO EN RODALES NATURALES DE PINO EN PUEBLA, MÉXICO 325
Abel Joseph Hernández-Martínez, Valentín José Reyes-Hernández, Alejandro Velázquez-Martínez, Héctor Manuel de los Santos-Posadas, Armando Gómez-Guerrero y Vidal Guerra-De la Cruz

SELECCIÓN DE MÉTRICAS DE ALTURA PARA ESTIMAR VARIABLES DASOMÉTRICAS MEDIANTE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO 328
Casimiro Ordóñez-Prado, Adrián Hernández-Ramos, Enrique Buendía-Rodríguez, Juan Carlos Tamarit-Urias, Bossuet Gastón Cortés-Sánchez y Jonathan Hernandez-Ramos

MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ZONA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL EN LA CIUDAD DE VERACRUZ, MÉXICO 332
Mercedes Salamanca-Almendra, Paula Zuñiga-Ruíz, Isabel Araceli Amaro-Espejo, Deisy Laura Salazar-Pascual y María Elena Maceda-Rodríguez

APLICACIÓN MÓVIL PARA LA GESTIÓN INSTITUCIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS 335
Keila Elena Ocaña-Drouaillet, Miguel Ángel López-Ramirez, Gerardo González-Gómez, Guadalupe Robles-Calderón, Jacobo Robles-Calderón, Olaya Pirene Castellanos-Onorio y Mario Díaz-González

MANEJO DE LOS HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*) Y SU EFECTO EN EL pH DEL SUELO 338
Ilse Pérez-García, María del Refugio Castañeda-Chavez, Juan Valente Megchún-García e Isabel Araceli Amaro-Espejo

EL TAMAÑO DE LAS AVES Y SU EFECTO EN LAS FUNCIONES DE LA LÍNEA COSTERA AL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO 341
Yael Aldair Hernández-Licona, Jimmy Argüelles-Jiménez y Marcell Reyes-Carranza

PATRONES DE ACTIVIDAD TEMPORAL DE SPHINGIDAE (LEPIDOPTERA) EN UN AGROECOSISTEMA TROPICAL DEL ESTADO DE VERACRUZ 344
Jorge Alfredo Muñiz-Ramírez, Fernando Hernández-Baz, Daniel López-Lima, Juan Antonio Villanueva-Jiménez, Luis Alberto Lara-Pérez, Guillermo López-Guillén y Juan Carlos Agudelo-Martínez

MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CAMBIOS EN EL USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ÍDOLOS, VERACRUZ *347*
Claudio Hoyos-Reyes y Luz Amelia Sánchez-Landero

EVALUACIÓN DE LA BIORREMEDIACIÓN CON BACTERIAS HALÓFILAS EN SUELOS SALINOS AGRÍCOLAS *350*
Norma Inés Vela-Zárate, Christian Reyes-Velázquez, María Del Refugio Castañeda-Chávez, Isabel Araceli Amaro-Espejo y Rosa Elena Zamudio-Alemán

VARIABILIDAD MORFOMÉTRICA DE VAINAS Y SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE LEGUMINOSAS NATIVAS DE INTERÉS AGROECOLÓGICO *353*
Josué Ramos-Román, Manuel Villarruel-Fuentes e Ignacio Garay-Peralta

CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATO ORGÁNICO OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL MUNICIPIO DE GUTIÉRREZ ZAMORA, VER. *356*
Raúl Alejandro Limón-Hernández, Verónica López-Hernández, Johana García-Atzin, Iriana Hernández-Martínez y Estrella Marina Marquez-Dorantes

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENVASES GENERADORES DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L.) *359*
José Armando Vidal-Herrera, María Del Refugio Castañeda-Chávez, Juan Valente Megchún-García, Gabycarmen Navarrete-Rodríguez e Isabel Araceli Amaro-Espejo

DIVERSIDAD DE AVES EN PASTIZAL Y BOSQUE ENCINO-PINO EN EL RANCHO TESEACHI, CHIHUAHUA, MÉXICO *362*
Mieke Titulaer, Armando Garza-Valles, Felitza Katarina Serrano-Jiménez, Angela Camargo-Sanabria, Alicia Melgoza-Castillo y Felipe Alonso Rodríguez-Almeida

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y ZONA INTERMAREAL DE LAS PLAYAS PAPAGAYO Y EL MORRO EN ACAPULCO, GRO. *365*
Gabriel Bahena-Díaz, Alma Rosa Zuñiga-Aivar, Dulce María Morales-Núñez, Gabriela Bahena-Cortés y José Fernando Luciano-García

FITORREMEDIACIÓN DE CONTAMINANTES MEDIANTE HUMEDALES CON POLICULTIVOS ORNAMENTALES EN SAN JOSÉ PASTORÍAS, VERACRUZ *367*
Mayanin de los Ángeles Uscanga-Jáuregui, Sergio Aurelio Zamora-Castro e Irma Zitácuaro-Contreras

SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL USO DE EPP Y MANEJO DE ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS EN IGNACIO DE LA LLAVE, VERACRUZ *370*
Antonio Villegas-Vilchis, Arturo García-Saldaña, Juan Manuel Hernández-Pérez e Itzel Galaviz-Villa

PAPAYA (*Carica papaya* L.) SILVESTRE *vs* DOMESTICADA: UN VIAJE GENÉTICO ENTRE DIVERSIDAD Y RIESGO *373*
Pedro Jesús Ruiz-Gil, Mariana Chávez-Pesqueira, Ana Wegier-Briuolo, Juan Núñez-Farfán y Gloria Isela Hernández-Melchor

MEDICIÓN DE LA CAPTURA DE AGUA DE NIEBLA EN BOSQUES DE CLIMA TEMPLADO *376*
Eulogio Flores-Ayala, Enrique Buendía-Rodríguez, Francisco Becerra-Luna, Tomás Pineda-Ojeda, Valentín Gutiérrez-García, Andrés Flores-García, Ramiro Pérez-Miranda, Fernando Carrillo-Anzures y Fabián Islas-Gutiérrez

INTERNET DE LAS COSAS Y DISPOSITIVOS NODEMCU PARA MEJORAR LOS LABORATORIOS QUE PERMITEN EL CULTIVO DE HONGOS DEL GÉNERO *Ganoderma* *379*
Rolando Rafael Contreras-González, Ramón Zárate-Moedano, Guillermo Mendoza-Cervantes y Jorge Suárez-Medellín

AGROECOSISTEMAS

MANO DE OBRA REQUERIDA PARA EL MANEJO DE UN MÓDULO DEMOSTRATIVO CON MILPA INTERCALADA EN ÁRBOLES FRUTALES EN VERACRUZ *383*
Sergio Uribe-Gómez, Rigoberto Zetina-Lezama, Marco Antonio Reynolds-Chávez y Ángel Capetillo-Burela

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO *386*
Ángel Capetillo-Burela, Álvaro Palacios-Mendoza, Maikel Abreu-Jiménez, Yuneidys González-Espinosa, Catalino Jorge López-Collado y Lenom Cajuste-Bontemps

AGROECOSISTEMAS

CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTORES CONVENCIONALES DE LIMÓN (*Citrus latifolia*) EN EL EJIDO DE TUZAMAPAN (COATEPEC, MÉXICO) 388
Juan Carlos Agudelo-Martínez, Fernando Hernández-Baz, Gustavo Ortiz-Ceballos, Miguel Ángel García-Martínez y Néstor Pérez-Buitrago

EVALUACIÓN *in vitro* DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL QUITOSANO PARA EL CONTROL DE *Lasiodiplodia theobromae* 391
José Alfredo García-Castellanos, Beatriz Gutiérrez-Rivera, Verónica Saucedo-Rivalcoba, Ana Line Vázquez-Larios, Elizabeth del Carmen Varela-Santos y Ángel Cárdenas-Cágal

ACTITUD Y PERCEPCIÓN SOBRE LA GOBERNANZA DEL AGUA: DISEÑO DE INDICADORES EN EL DISTRITO DE RIEGO 035 LA ANTIGUA, VERACRUZ 394
Martha Beatriz Cuéllar-Lugo, Alberto Asiain-Hoyos, Felipe Gallardo-López, María del Carmen Álvarez-Ávila, Salvador Partida-Sedas, Juan Suárez-Sánchez y Juan Manuel Hernández-Pérez

POTENCIALIDADES DE CUBIERTAS VEGETALES EN LA ESTRATEGIA AGROECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE *Diaphorina citri* 397
Silvia Nelly Almaguer-Hidalgo y Francisco Osorio-Acosta

ZONAS AGROECOLÓGICAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE AGUACATE HASS EN LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ 399
José Luis López-Ayala, Julio Díaz-José, Otto Raúl Ovalle-Leyva y Juan Guillermo Cruz-Castillo

SUPERVIVENCIA Y DESARROLLO DE ESPECIES FORESTALES A DIFERENTE DISTANCIA ENTRE PLANTAS, EN UN SISTEMA AGROFORESTAL, EN GUERRERO, MÉXICO 402
Alejandro Sotelo-Aguilar, Daniel Hernández-Valenzuela, José Manuel Castro-Salas, Cesáreo Catalán-Heverástico, Juan Pereyda-Hernández y Edson Brodeli Figueroa-Pacheco

INFLUENCIA DE LA COMUNICACIÓN EN LA CONTINUIDAD DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN CUNDUACÁN, TABASCO, MÉXICO 405
Vania Cruz-Palacios, Juan Pablo Martínez-Dávila, Víctor Córdova-Ávalos, Diego Esteban Rosado-Platas y Gustavo López-Romero

SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL

USO DE HERBICIDAS Y TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA EN BENEFICIARIOS DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN COSAMALOAPAN, VERACRUZ 409
Julio Vilaboa-Arróniz, Jorge Aguilar-Ávila, Enrique Genaro Martínez-González y Adán Vidal-Gamboa

PARCELAS DEMOSTRATIVAS: PROMOVIENDO LA AGROECOLOGÍA EN EL NORTE DE VERACRUZ Y NORESTE DE PUEBLA 412
Manuel Ángel Gómez-Cruz, Laura Gómez-Tovar, José Alberto Barrera-González y Rosa Gloria García- Bautista

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS *vs* GLIFOSATO Y OTROS HERBICIDAS EN NARANJA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) EN VERACRUZ 415
Manuel Ángel Gómez-Cruz, Laura Gómez-Tovar y José Alberto Barrera-González

AGROECOLOGÍA, TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA Y POLÍTICAS PÚBLICAS 418
Ileana Dayamina de la Cruz-Santos, Felipe Gallardo-López, Aniela Ruth González-de la Cruz, Mario Alejandro Hernández-Chontal, Alberto Asiain-Hoyos, Octavio Ruiz-Rosado, Giraldo Martín-Martín y Rosa Acosta-Roca

INTRODUCCIÓN Y ACEPTACIÓN DE TRES NUEVAS VARIEDADES DE ALCATRAZ (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng 1826) EN ALPATLÁHUAC, VERACRUZ 421
Julia Bibiana Miranda-Peralta, Juan Guillermo Cruz-Castillo y María Elena Galindo-Tovar

ESTADO ACTUAL DE LA ACUACULTURA DE BAJO COSTO EN LA REGIÓN DE LAS MONTAÑAS DEL ESTADO DE VERACRUZ 424
Edgardo Campos-Páez, Adán Cabal-Prieto, Zulema G. Huicab-Pech y Antonieta D. Becerra-Ferniza

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN LA ZONA DE LA MIXTECA DE PUEBLA 426
Alma Velia Ayala-Garay, Adalit Arias-Aragón, Carlos Alberto Rodríguez De Dios y Alejandro Pérez-Rosales

HUERTOS AGROECOLÓGICOS FAMILIARES EN LA REGIÓN DE TEXCOCO 429
Lorena Cortés-Espinoza, Erika Muñiz-Reyes, Bertha Sofía Larqué-Saavedra y Filiberto Guadalupe-Eligio

SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL

DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO SOBRE MERCADOTECNIA, PRÁCTICAS SOSTENIBLES Y ACCESO A MERCADOS EN PRODUCTORES DE CHAYOTE (*Sechium Edule Jacq.*) SWARTZ EN LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ ***432***
Martha Romero-Jaén, Susana Isabel Castillo-Martínez, Hilario García-Martínez,
Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera y Rosalía Núñez-Pastrana

CARACTERIZACIÓN DE PEQUEÑAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINA DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA, MÉXICO ***434***
Raúl Ávalos-Castro, José Benjamín Yam-Tze, Manuel Alejandro Nulutagua-Hernández
y Fernando Romero-Santillán

TIPIFICACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE TLACHICHILCO, VERACRUZ ***437***
Vianeth Méndez-Cortés, José Alberto García-Salazar, Cesar Enrique Martínez Sánchez
y Ariadna Faride Alanís Castillo

ESPECIFICACIONES DE LA COMPRA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS POR RESTAURANTES DE LA ZONA TURÍSTICA VERACRUZ-BOCA DEL RIO ***440***
Omar Antonio Cárdenas-Méndez, Carmen Aridai Hernández-Estrada y Patricia Devezé-Murillo

PERCEPCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE MAÍZ DE VERACRUZ ***443***
Jaime Rangel-Quintos, Venancio Cuevas-Reyes, Dolores Briones-Reyes,
José Luis Jolalpa-Barrera y Enrique Buendía-Rodriguez

COSTO DE PRODUCIR UNA VAQUILLA DE REEMPAZO EN LECHERIA FAMILIAR EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO ***446***
Alejandra Vélez-Izquierdo, Mario Alfredo Espinosa-Martínez, Fernando Villaseñor-González,
Felipe de Jesús Ruíz-López y José Antonio Espinosa-García

ASISTENCIA TÉCNICA Y ADOPCIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS: ANALISIS DE LOS GGAVATT DE PRODUCTORES DE PORCINOS EN GUANAJUATO ***449***
Alejandra Vélez-Izquierdo, José Antonio Espinosa-García y Tomás Arturo González-Orozco

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA

RESILIENCIA DEL FRIJOL NEGRO VERACRUZ ANTE ANOMALÍAS CLIMÁTICAS E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS PRODUCTIVAS EN EL GOLFO-CARIBE MEXICANO (2003-2024) ***453***
Francisco J. Ugalde-Acosta, Lucas Alejandro Fadda, Ángel Vidal Estrada-León, Ernesto López-Salinas,
Sabel Barrón-Freyre, Raymundo Nava-Ramírez, Rafael Contreras-Hinojosa, Simón Alvarado-Mendoza,
María de los Ángeles Acevedo-Cortés, Flavio Aragón-Cuevas, Roberto Canales-Cruz, Héctor Torres-Pimentel,
Lamberto Zúñiga-Estrada, Carmen Aridaí Hernández-Estrada, Agatha Teresa Rosado-Calderón,
Simón Leyva-Vela, Arturo Guirit-Guzmán, Rosa Claudia Juárez-Lara, Félix Jiménez-Bautista,
Soledad Pedraza-Flores, Marco Antonio Morales-Varela, Emilio Rodríguez-Escalante, Pedro Díaz-Reyes,
María Del Consuelo López-Ramírez, Celina Mota-García, Hugo Castro-Cerecedes, Rafael Martínez-González,
Roberto Ojeda-Castro, Rosario López-Saavedra y Eva Vásquez-Martínez

EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA VARIEDAD DE MAÍZ V-537C ANTE ANOMALÍAS CLIMÁTICAS EN LA REGIÓN GOLFO Y CARIBE MEXICANO ***456***
Francisco J. Ugalde-Acosta, Lucas A. Fadda, Mauro Sierra-Macías, Sabel Barrón-Frayre,
Flavio Rodríguez-Montalvo, Ernesto Preciado-Ortíz, Arturo Guirit-Guzmán, Rosa Claudia Juárez-Lara,
María de los Ángeles Acevedo-Cortés, Simón Leyva-Vela, Oscar Maldonado-Guzmán, Carlos Rivera-Andrade,
Joel Goxcon-Sixtega, Clara Ríos-Isidro, Félix Jiménez-Bautista, Soledad Pedraza-Flores,
Cayetano Serapio-Arau, Desiderio Ventura-Gabriel, Gabino Delgado-Avendaño, Jesús Zamudio-Torres,
Jeremías Zamudio-García, Celedonio Santos-Pérez, Reyna Michelle Fierro-López, Ignacio Castañeda-Alday,
Juventino Santos-Pérez y Ángel Ibáñez-López

ESTIMACIÓN DE TENDENCIAS DECADALES (1981-2020) DE LOS ÍNDICES DE EVENTOS EXTREMOS DEL ETCCDI EN VERACRUZ ***459***
Claudio Hoyos-Reyes, Uriel Antonio Filobello-Niño, Héctor Vázquez-Leal,
Anette Sarai Ramírez-Peña, Roberto Ruiz-Gómez y Mario Alberto Sandoval-Hernández

PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) Y LAS DECLARATORIAS DE EMERGENCIA EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO ***462***
Brisa Nohemí Gómez-Mora, Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez y Fernando Salas-Martínez

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA

PROGRAMA SEMBRANDO VIDA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO RURAL EN EL AGROECOSISTEMA CENTRO DE VERACRUZ *464*
Yamaris Swaby-Quao, Arturo Pérez-Vázquez, Galdy Hernández-Zárate, Esteban Escamilla-Prado y Felipe Gallardo-López

PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SATISFACCIÓN HÍDRICA PARA LA GESTIÓN AGRÍCOLA Y SU APLICACIÓN EN MANGO EN ACTOPAN, VERACRUZ *467*
José Angel Bonilla-Osorio, Paulo César Parada-Molina, Carlos Roberto Cerdán-Cabrera, Gabriela Sánchez-Viveros y María Esther Díaz-Martínez

VENTAJAS COMPETITIVAS Y CAUSAS DE CIERRE EN UNIDADES ACUÍCOLAS DE VERACRUZ: UN ANÁLISIS DESDE MÚLTIPLES DIMENSIONES *470*
Fabiola Beltrán-García, Diego E. Platas-Rosado, Felipe Gallardo-López, Alberto Asiain-Hoyos y Juan C. Hernández-Arzaba

EVALUACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL Y UNA UNIDAD DE MANEJO AMBIENTAL EN CATAZAJÁ, CHIAPAS *473*
Edilberto Tolentino Magdaleno-Gómez, Aida Montserrat González-Cruz, Leonardo Gabriel Aguilar-Jiménez, José Juan Macías-Coutiño y Sonia Teresa Cruz-Vasconcelos

TOLERANCIA A LA INUNDACIÓN DEL SUELO EN CLONES DE *Coffea canephora*: RESPUESTAS FOTOSINTÉTICAS Y DAÑO FOLIAR *475*
Marco Antonio Toral-Juárez, Rodrigo Teixeira-Ávila y Fábio Murilo-DaMatta

AGROINDUSTRIA

ESTUDIO DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE *Chenopodium berlandieri* PARA SU APROVECHAMIENTO INTEGRAL *479*
Nallely Rosalba Román-Cortés y Teresita de Jesús Ariza-Ortega

EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL CONTENIDO NUTRACEÚTICO, BROMATOLÓGICO Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE EN *Chenopodium berlandieri* *482*
Nallely Rosalba Román-Cortés y Teresita de Jesús Ariza-Ortega

DESHIDRATADOR SOLAR DE BAJO COSTO PARA MANGO (*Mangifera indica* L.) EN VERACRUZ *485*
Juan Manuel Carrión-Delgado y Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE FRUTAS DE TEMPORADA EN CUICHAPA, VERACRUZ: UN ENFOQUE SOSTENIBLE *488*
Alejandro Llaguno-Aguiñaga, Martha Salazar-Florentino, Hilario García-Martínez, Nancy Ruth Laloth-Solís, Rubén Purroy-Vasquez y Gregorio Hernández-Salinas

EFECTO DE EXTRACTOS VEGETALES ACUOSOS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA Y PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS DE *Citrus latifolia* Tan *491*
Angela Callejas-Utrera, Gerardo Alvarado-Castillo, Jacel Adame-García, José Antonio Fernández-Viveros y Vianey del Rocío Torres-Pelayo

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN METANÓLICA DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) Y DE BAGAZO DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*) *494*
César Yerik Velázquez-Gutiérrez, Ricardo Musule-Lagunes y Alan Couttolenc-Aguirre

INTERNET DE LAS COSAS EN HIDROPONÍA URBANA: UNA PROPUESTA PARA LOGRAR SISTEMAS AGROALIMENTARIOS SOSTENIBLES *497*
Areli García-Mora, Anet Judith Villalobos-Zárate, Cruz Enrique Bonola-Vázquez, Noé Guizar-Castellanos, Eliseo Rodríguez-Joachin e Isaac Rodríguez-León

ESTUDIO DE MERCADO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES DEL MUNICIPIO DE CUICHAPA, VERACRUZ *500*
José Manuel Sanchez-Órea, Marisol Villegas-Cotlame, Joel Velasco-Velasco, Emanuel de Jesús Ramirez-Rivera, Rubén Purroy-Vasquez y Alejandro Llaguno-Aguiñaga

TRAYECTORIA TECNOLÓGICA E IMPACTO ECONÓMICO EN LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE CAÑA: UN ANÁLSIS FACTORIAL MÚLTIPLE (2014-2024) *503*
Jorge Armida-Lozano, Gustavo López-Romero, Felipe Gallardo-López, Jasiel Valdivia-Sánchez, Gregorio Hernández-Salinas, Juan Cristóbal Hernández-Arzaba, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera y Diego Esteban Platas-Rosado

AGROINDUSTRIA

RESPUESTA DEL MANGO MANILA VERACRUZANO SOMETIDO A TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS *506*
Elizabeth León-García, Héctor Cabrera-Mireles, Adali Montes-Sánchez, Yulissa Virginia Morales-Bonilla, Israel López-Morato y Yeudiel Gómez-Simuta

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO CON HMI *509*
Fernando Malagón-González, José Alonso Barojas-Vásquez, Rafael Arriaga-Hernández y Juan Carlos Núñez-Dorantes

PROGRAMACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y LECTURA DE SENSORES PARA UN INVERNADERO DE HORTALIZAS *512*
Fernando Malagón-González, José Julián Tapia-Bello, Jesús Emmanuel Castro-Cruz y Gabriel Antonio Navarrete-Hernandez

MONITOREO Y CONTROL INTELIGENTE DE INVERNADEROS MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN *515*
Fernando Malagón-González, Diego Emmanuel Armenta-Hernández, Juan Marin-Lainez y Jorge Moisés Galvan-Chávez

VALORIZACIÓN AGROINDUSTRIAL DE CÁSCARA DE *Musa paradisiaca* var. Cavendish MEDIANTE SECADO CONVECTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE UN SNACK SALUDABLE COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD, SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA *518*
Monserrat Crescencio-Rico, Marian Peña-Flores, Nubia Catalina Morales-Aguilar y Alicia Agueda Conde-Islas

DISEÑO DE UN SISTEMA DE IRRIGACIÓN AUTOMÁTICO MEDIANTE EL USO DE UN MICROCONTROLADOR Y SENSORES *521*
Elías Paredes-Ortíz, Jericó Jabín Bello-Bello, Jorge Moisés Galván-Chávez, Fernando Malagón-González, Tania Romero-Figueiras y Rodolfo Medrano-Espinoza

AGRÍCOLA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

SILICIO COMO ATENUANTE DEL ESTRÉS SALINO EN PLANTAS DE TOMATE SILVESTRE (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)

Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta[1], Fernando Carlos Gómez-Merino[1], Libia Iris Trejo-Téllez[1], Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1], Lucero del Mar Ruiz-Posadas[1] y José Leonardo Ledea-Rodríguez[2]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, México. C. P. 56264.
[2]Universidad Autónoma de Baja California Sur, carretera al Sur km 5.5, Apartado Postal 19-B, La Paz, Baja California Sur, México. C. P. 23080.
*Autor para correspondencia: enriquez.emmanuel@colpos.mx

Palabras clave: *Salinidad, Bioestimulación, Elementos benéficos, Crecimiento.*

Introducción

Uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura a nivel mundial es la salinidad en los suelos, el cual se ha incrementado con el pasar de los años, como consecuencia del cambio climático y del uso excesivo de fertilizantes sintéticos. La exposición de las plantas a condiciones salinas provoca alteraciones a nivel celular, debido a la toxicidad del sodio (Na^+) y el cloruro (Cl^-), lo que afecta la absorción de agua y nutrientes (Muhammad *et al*., 2024).

Dentro de la familia Solanaceae, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye la segunda hortaliza más cultivada a nivel mundial, después de la papa (*Solanum tuberosum* L.) (Pérez-Mesa y Roda, 2025). Su producción y consumo han mostrado un incremento constante, debido a sus propiedades organolépticas y nutracéuticas, las cuales aportan beneficios a la salud y a la dieta humana. No obstante, el uso excesivo de fertilizantes y la aplicación de aguas de riego con alta concentración de sales, han incrementado de la salinidad considerado el estrés abiótico de mayor impacto global debido a sus efectos negativos en la emergencia, germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas (Muhammad *et al*., 2024).

La búsqueda de alternativas para mitigar los efectos negativos del estrés salino en plantas superiores representa un desafío para la comunidad científica. Entre las estrategias propuestas, la aplicación de productos a base de silicio (Si) ha mostrado eficacia en la reducción del impacto de este estrés en los cultivos de interés comercial. El Si es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno (Gómez-Merino *et al*., 2020). En la solución del suelo este elemento se encuentra disponible principalmente en forma de ácido monosilícico (H_4SiO_4). Sin embargo, con mayor frecuencia se encuentra como silicatos, cuarzos o complejos arcillas, formas que no son asimilables por las plantas. Estudios en avena (*Avena sativa* L.) bajo condiciones de salinidad, reportan que la aplicación de Si incrementa el contenido de clorofila y el número de hojas. (Stadnik *et al.,* 2023). El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del Si en el desarrollo vegetal en plantas de tomate silvestre cv. ojo de venado expuestas a condiciones de estrés por salinidad.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, localizado en las coordenadas 98° 91′ O, 19° 45′ N, a 2,224 m de altitud. Se utilizó semillas de tomate nativo de México tipo ojo de venado (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*). Las semillas se sembraron en charolas de unicel de 200 cavidades; utilizando musgo canadiense como como sustrato. Las plantas se regaron con agua del grifo cada dos días, durante 14 días. Posteriormente, a los 37 días después de la siembra, las plántulas fueron trasplantadas a macetas de plástico (9.2 x 9.2 cm) y se les suministró solución nutritiva Steiner con una conductividad eléctrica de 2 dS m^{-1} (Steiner, 1984).

Cinco días después del trasplante, los tratamientos de NaCl (0, 15 y 30 mM) se aplicaron mediante la solución nutritiva, mientras que, los tratamientos de Si (0, 1 y 2 mM) se aplicaron de forma cada tres días a razón de 5 mL por planta. Después de 23 días de la apalicación, se seleccionaron al azar ocho plantas por tratamiento que presentaban las características adecuas para su evaluación. El experimental se estableció bajo un diseño factorial completamente al azar (3^2). Cada tratamiento incluyó cuatro repeticiones con tres plantas por repetición. Se evaluaron las variables; longitud de tallo, diámetro de tallo y área foliar. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

La longitud y diámetro del tallo fueron afectados de manera significativa en las plantas tratadas con 30 mM NaCl, registrándose reducciones de 9.36 y 3.82% respectivamente, en comparación con el testigo. De igual manera, en este tratamiento el área foliar mostró una disminución de 7.45% con respecto al testigo (Cuadro 1).

El factor principal silicio no mostró efectos significativos en la longitud del tallo ni en el área foliar; sin embargo, la dosis de 2 mM Si incrementó el diámetro de tallo en 2.7% en comparación con el tratamiento testigo (Cuadro 1).

El estrés salino, particularmente inducido por el cloruro de sodio (NaCl), ocasiona alteraciones a nivel morfológico y bioquímico en las plantas, entre ellas la reducción en la absorción de agua en la zona radicular, disminución en la altura de la planta y en el área foliar, la que conlleva a una menor actividad fotosintética (Muhammad *et al*., 2024). La aplicación de Si mejora la estructura de los órganos vegetales mediante la formación de silicatos polimerizados en los tejidos y la modulación de la expresión génica (Gómez-Merino *et al*., 2020).

Cuadro 1. Efectos independientes de las concentraciones de NaCl y Si en plantas de tomate en etapa de desarrollo vegetativo.

Factor	Nivel	LT (cm)	DT (mm)	AF (cm^2)
NaCl (mM)	0	16.02 ± 1.43 a	4.97 ± 0.16 a	297.216 ± 26.44 ab
	15	16.45 ± 1.51 a	4.71 ± 0.18 b	318.256 ± 38.76 a
	30	14.52 ± 1.08 b	4.78 ± 0.14 b	275.057 ± 30.26 b
Valor de *P*		0.00708	0.000511	0.017
Si (mM)	0	15.85 ± 1.39 a	4.80 ± 0.19 ab	302.31 ± 32.57 a
	1	15.57 ± 1.78 a	4.73 ± 0.21 b	288.87 ± 35.69 a
	2	15.58 ± 1.06 a	4.93 ± 0.11 a	299.34 ± 41.13 a
Valor de *P*		0.86911	0.006224	0.608

Medias ± EE con literales distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). Longitud de tallo (LT); diámetro de tallo (DT); área foliar (AF).

Conclusiones

Los resultados mostraron que NaCl afectó de manera significativa el crecimiento de las plantas de tomate, disminuyendo la longitud de tallo, el diámetro de tallo y el área foliar. Estos efectos pueden atribuirse a que el estrés salino ocasiona cambios en la planta, al inhibir la expansión celular, limitando el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas. Por otro lado, la aplicación de Si mostró un efecto positivo en el diámetro de tallo, lo que podría favorecer el fortalecimiento de las paredes celulares. La identificación de fuentes eficientes de absorción de Si y la determinación de las dosis adecuadas, podrían contribuir a mejorar las características agronómicas de los cultivos.

Referencias bibliográficas

Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., García-Jiménez, A., Escobar-Sepúlveda, H. F. and Ramírez-Olvera, S. M. 2020. Silicon flow from root to shoot in pepper: a comprehensive *in silico* analysis reveals a potential linkage between gene expression and hormone signaling that stimulates plant growth and metabolism. *PeerJ, 8*, e10053. https://doi.org/10.7717/peerj.10053

Muhammad, M., Waheed, A., Wahab, A., Majeed, M., Nazim, M., Liu, Y. L., Li, L. and Li, W. J. 2024. Soil salinity and drought tolerance: An evaluation of plant growth, productivity, microbial diversity, and amelioration strategies. Plant Stress 11: 100319. https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100319

Pérez-Mesa, P.A. & Roda, F. 2025. Alkaloid evolution in the Solanaceae. Current Opinion in Plant Biology 8:102727. https://doi.org/10.1016/j.pbi.2025.102727

Stadnik, B., Tobiasz-Salach, R., & Mazurek, M. 2023. Effect of silicon on oat salinity tolerance: Analysis of the epigenetic and physiological response of plants. Agriculture 13(1): 81. https://doi.org/10.3390/agriculture13010081

Steiner, A.A. 1984 The Universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, Netherlands. International Society of Horticultural Science 633-650.

TÉCNICAS DE INJERTACIÓN Y MANIPULACIÓN DE PORTAINJERTOS EN LIMÓN PERSA *Citrus × latifolia*

Pablo Ulises Hernández-Lara[1*], Sergio Salgado-Velázquez[1] y Diana Rubi Ramos-López[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo, km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo Tabasco, México. C.P. 86400.
[2]Universidad Popular de la Chontalpa - División Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería. CA-QVyDS.
*Autor para correspondencia: hernandez.ulises@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Injerto, Prendimiento, Yema.*

Introducción

Tradicionalmente la forma más común de propagar plantas de limón persa es por injerto, para ello se utilizan diferentes portainjertos, los cuales influyen en la entrada a producción, tolerancia a enfermedades, tolerancia a limitantes del suelo y clima, entre otros. El insumo principal de la actividad citrícola es la planta, cuya producción y comercialización tiene su propia problemática (Curti-Díaz *et al.,* 2023). Pues con base a la NOM-079-FITO-2002, esta debe estar libre de los principales patógenos que existen, como son virus tristeza, psorosis, caquexia, exocortis y huanglongbing. Para ello, en la región Golfo Centro, en atención a la NOM citada, existen 42 Unidades de Producción Certificadas, de las cuales 23 corresponden a Viveros Propagadores de Planta (VPP) certificados (SENASICA, 2023). Se estima que en la región se producen más de seis millones de plantas certificadas anualmente, las cuales no cubren la demanda existente, lo que da lugar a la participación de viveros no certificados con una cantidad similar y que ofrecen planta de origen y sanidad incierta, lo que conlleva el riesgo de diseminar las enfermedades mencionadas, y si fuera el caso, la productividad de las huertas puede ser menor (Curti-Díaz *et al.,* 2023). Aunado a la problemática anterior, otro inconveniente en la etapa de producción de planta, es la producción de plantas tipo “arbolito”, las cuales se caracterizan por presentar varios tallos originados en el mismo punto a partir de la yema injertada. Estos tallos son delgados, poco vigorosos y con riesgo de rompimiento, debido a la competencia por luz, agua y nutrientes que existe. El desarrollo de este tipo de plantas se debe a que el injertador decapita la copa del portainjerto para facilitar el proceso y aumentar el número de plantas injertadas por jornada de trabajo. Existen técnicas de manipulación de portainjertos en la propagación de limón persa que influyen en la emergencia de uno o más brotes por yema injertada, así como en la velocidad de brotación y porcentaje de prendimiento, pero que han sido poco probadas e investigadas, mismas que no son aceptadas por personal injertador y personal responsable de VPP certificados y no certificados. Sin embargo, con estas técnicas de manipulación de portainjertos se busca que emerja un brote por yema injertada. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento de plantas injertadas de limón persa con diversas técnicas de manipulación del portainjerto.

Materiales y métodos

Establecimiento del experimento. Se desarrolló en un invernadero en las instalaciones del INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco. Los portainjertos se colocaron sobre estructuras de metal con el objetivo de no tener contacto con el suelo. Material vegetal. Se utilizó semilla del portainjerto volkameriana, proveniente de la Unidad de Producción de Material Propagativo de Cítricos (UPMPC) de la empresa Promotora Citrícola del Golfo S. A de C.V. Las varetas se seleccionaron en campo a partir de árboles con características sobresalientes de sanidad, calidad y producción. La siembra de la semilla se realizó en charolas de 50 cavidades con peat most como sustrato. Para el trasplante se utilizaron bolsas de polietileno calibre 300 de 20 cm x 35 cm y se utilizó tierra de vega de rio como sustrato. Tratamientos y diseño experimental. El experimento se conformó por tres tipos de injerto (T, ⊥ y Enchape Lateral) en combinación con tres técnicas de manipulación del portainjerto (Decapitado, Corte a Medio Camino y Doblado y Solo Doblado) (Cuadro 1). Se realizó un análisis de varianza con el software estadístico SAS versión 9.3. Las plantas se injertaron a los seis meses de edad. Comportamiento de plantas injertadas. Se contó el número de brotes a los 50 días después del injerto (DDI), se determinó la velocidad de brotación (VB) y el porcentaje de prendimiento (PP) con las ecuaciones 1 y 2, respectivamente. 1: VB = número de plantas prendidas / número total de días x 100, 2: PP = número de plantas prendidas / número de plantas injertadas x 100.

Cuadro 1. Tratamientos conformados por tres tipos de injerto y tres técnicas de manipulación del portainjerto.

Tratamiento	Repeticiones	Tipos de injerto	Técnicas de manipulación del portainjerto	Descripción
T1	15	T	Decapitado	T DEC
T2	15	T	Corte a Medio Camino y Doblado	T CMCyD
T3	15	T	Solo Doblado	T SDOB
T4	15	⊥	Decapitado	⊥ DEC
T5	15	⊥	Corte a Medio Camino y Doblado	⊥ CMCyD
T6	15	⊥	Solo Doblado	⊥ SDOB
T7	15	Enchape Lateral	Decapitado	E. L DEC
T8	15	Enchape Lateral	Corte a Medio Camino y Doblado	E. L CMCyD
T9	15	Enchape Lateral	Solo Doblado	E. L SDOB

Resultados y discusión

El análisis estadístico mostró diferencias significativas en la VB y en el número de brotes por yema injertada (Cuadro 2). El tratamiento T7 superó la mayoría de los tratamientos con 31.7 días en la VB, aunque estadísticamente fue igual a los tratamientos T1, T4 y T8. De acuerdo con responsables de VPP, cuando se decapita la planta previa al proceso de injertación, la VB de la yema injertada se acelera, debido a la eliminación de la yema apical del portainjerto, pero ocurre una sobrebrotación por yema injertada. Lo anterior se atribuye a que el portainjerto, al no tener hojas, la reserva de alimento es menor, por lo que el agua y nutrientes retornan a partir de la decapitación, teniendo una menor vía que recorrer. Caso contrario, con las técnicas CMCyD y SDOB, las plantas permanecen con las hojas en la copa, teniendo una mayor reserva de alimento. Con dichas técnicas se logra que emerja un brote debido a un mayor suministro de energía en la planta. También se observó que, al realizar cualquier tipo de injerto en combinación con las técnicas CMCyD y SDOB, las yemas tardan más tiempo en brotar, con la diferencia que emerge un brote por yema injertada, siendo esto último lo ideal. Los tratamientos T6 y T9 alcanzaron el mayor tiempo con 62.8 y 61.7 días en la VB, respectivamente. La planta, al producir un brote por yema injertada proporciona múltiples ventajas, ya que, al salir a campo con la madurez óptima y al realizar una poda de formación adecuada, los brotes emergerán en diferentes puntos, lo cual proveerá una estructura apropiada y no tendrá ningún problema al momento de la implantación. Lo anterior coincide con Villegas (2018) donde menciona que, en la producción de planta certificada injertada bajo la técnica de SDOB, la planta desarrolla un brote maduro y esta al salir a campo garantiza éxito.

Cuadro 2. Respuesta de los tipos de injerto y las técnicas de manipulación del portainjerto en el número de brotes por yema injertada a los 50 DDI y en la VB por yema injertada.

Tratamiento	Tipos de injerto	Técnicas de manipulación del portainjerto	Número de brotes por yema injertada a los 50 DDI	Número de días en la VB después del injerto
1	T	DEC	3 b	33.2 a
2	T	CMCyD	1 a	55.4 b
3	T	SDOB	1 a	59.7 b
4	⊥	DEC	4 b	33.1 a
5	⊥	CMCyD	1 a	48.5 b
6	⊥	SDOB	1 a	62.8 c
7	E. L	DEC	5.5 c	31.7 a
8	E. L	CMCyD	1.6 a	42.6 a
9	E. L	SDOB	1 a	61.7 c

* Medias con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤ 0.05%.

Por otro lado, lo que se obtiene con la técnica DEC es una sobrebrotación a partir de la yema injertada. Esto se observó en los tres tipos de injerto donde se decapitaron las plantas, siendo los tratamientos T1, T4 y T7 los que manifestaron dicha cualidad, con un promedio de 4.1 brotes por yema injertada. Cuando los brotes emergen a partir del mismo punto compiten entre ellos, lo cual provoca plantas débiles y poco vigorosas, haciéndolas susceptibles al momento de establecerse en terreno definitivo. Para efectos del PP por yema injertada, se lograron prendimientos aceptables (Cuadro 3). Se observó mayor prendimiento en los tratamientos T7 y T8 con un 100% de las yemas injertadas. Tomando en cuenta todos los tratamientos y sus repeticiones, se obtuvo un porcentaje

de prendimiento general de 89.6% de las yemas injertadas. Según responsables técnicos de VPP, 2023 (comunicación personal), prendimientos por encima del 80% son aceptables de manera comercial.

Cuadro 3. Respuesta de los tipos de injerto y técnicas de manipulación del portainjerto en el porcentaje de prendimiento por yema injertada.

Tratamiento	Tipos de injerto	Técnicas de manipulación del portainjerto	Prendimiento por yema injertada (%)
1	T	DEC	86.6
2	T	CMCyD	93.3
3	T	SDOB	86.6
4	⊥	DEC	80
5	⊥	CMCyD	80
6	⊥	SDOB	86.6
7	E. L	DEC	100
8	E. L	CMCyD	100
9	E. L	SDOB	93.3

Conclusión

El análisis mostró que con las técnicas de CMCyD y SD se obtuvo como respuesta la emergencia de un brote por yema injertada al realizar cualquier tipo de injerto. Ambas técnicas pueden utilizarse para propagar plantas con características agronómicas ideales para establecerlas en campo y ser implantadas en terreno definitivo con éxito.

Referencias bibliográficas

Curti-Díaz, S. A., P. U. Hernández-Lara., J. Rangel-Quintos., C. G. Rodríguez-Quibrera., S. Domínguez-Monge., M. Rodríguez-Cuevas y D. Sumano-López. 2023. Programa de investigación, validación y transferencia de tecnología de las cadenas agroalimentarias de naranja y limón Persa del CIR Golfo Centro del INIFAP. Publicación Especial 11. Veracruz, México. 126 p. Versión digital.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2023. Directorio de Unidades de Producción de Material Propagativo de Cítricos (UPMPC). DGSV. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/807363/DIRECTORIO_UPMPC_02-03-2023.pdf. (consultado en marzo de 2023).

Villegas M., A. 2018. Producción de material certificado de lima persa (*Citrus latifolia*). Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (Archivo de video). Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=x0p2Oz-OND4&t=2698s. (consultado en abril de 2023).

EFECTO DEL NEODIMIO (Nd) EN CRECIMIENTO INICIAL Y UNIDADES SPAD EN ACELGA

Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1]*, Fernando Carlos Gómez-Merino[1,2] y Libia Iris Trejo-Téllez[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
[2] Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México
*Autor para correspondencia: carbajal.victor@colpos.mx

Palabras clave: *Elementos benéficos, Bioestimulación inorgánica, Crecimiento inicial*.

Introducción

La acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*), es una especie perteneciente a la familia Chenopodiacea, originaria de la región del Mediterráneo. Aunque su producción global es escasa, es de fácil cultivo y resistente a variaciones climáticas. Dentro de las características principales de esta hortaliza destaca que es de hoja verde y tallo grueso, este puede variar en color, desde blanco, amarillo, rojo o rosa. Contiene ácidos grasos (omega 3), compuestos orgánicos (luteína, flavonoides, betacaroteno y zeaxantina), vitaminas (A, C, E y K), fibra, ácido fólico y minerales (P, K, Ca, Cu, Fe y Na), los cuales le dan un alto valor nutritivo, y gran demanda en el mercado (Puccinelli *et al*., 2022; SADER, 2023). En México, se producen alrededor de 15 mil Mg de acelga anualmente, generando un valor de producción de casi 47 millones de pesos (SADER, 2023). Para mejorar su producción, algunos elementos de las tierras raras como el neodimio (Nd) pueden usarse con fines de bioestimulación, con lo que es posible inducir mayor crecimiento, producción y calidad de las cosechas, así como inducir respuestas adaptativas al estrés abiótico. El neodimio (Nd) es un elemento de las tierras raras que ocupa el lugar 27, dentro de la composición de la corteza terrestre (0.0038%), y se ha demostrado que puede beneficiar parámetros de crecimiento y desarrollo en algunos cultivos como en lechuga y en caña de azúcar (Carbajal-Vázquez *et al*., 2025). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del Nd aplicado vía foliar en plántulas de acelga en variables de crecimiento inicial.

Materiales y métodos

Las plantas de acelga utilizadas fueron obtenidas a través de la siembra de semilla de acelga cv. Fordhook Giant, en charolas de unicel de 200 cavidades, previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5%, a razón de 1 mL L^{-1}, y rellenadas con turba como sustrato. Plántulas de 20 días después de la siembra (dds), fueron colocadas en macetas negras (13 × 14 × 18.5 cm), con una mezcla de turba blanca y tezontle (1:1; v:v) como sustrato. A los 30 dds se iniciaron tratamientos foliares (0, 75 y 150 µM Nd), asperjando cada tratamiento directo a la planta hasta punto de goteo. Las aplicaciones fueron a las 6:00 h, cada 10 d. Se realizaron tres aplicaciones a los 30, a los 40 y por último a los 50 dds. A los 60 dds, se midió la altura de planta (AP) a partir de la base del sustrato hasta la punta de la hoja más alta, se usó una cinta métrica (Wiseup, ART-080102; Yiwu, China), el número de hojas (NH) se realizó por conteo manual y las unidades SPAD se determinaron usando un medidor portátil SPAD-502® (Minolta; Tokio, Japón). El diseño de tratamientos fue completamente al azar. Una planta en cada maceta fue la unidad experimental, cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza y las medias fueron comparadas por la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados obtenidos en las variables de crecimiento inicial, evaluadas en plántulas de acelga cv. Fordhook Giant, tratadas con distintas dosis de Nd.

Desde el punto de vista estadístico, ninguna de las variables evaluadas en acelga fue influenciada en forma significativa por los tratamientos de neodimio probados. Sin embargo, sí se hace un análisis en términos numéricos, se pueden encontrar algunos porcentajes interesantes.

Cuadro 1. Efecto de distintas dosis con neodimio (Nd), en variables de crecimiento inicial de plántulas de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) cv. Fordhook Giant.

Nd (µM)	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Unidades SPAD
0	24.2±2.46 a	14.7±0.62 a	43.0±2.94 a
75	21.5±0.64 a	15.0±2.97 a	49.2±5.81 a
150	22.2±1.37 a	11.0±2.16 a	52.7±1.57 a

Medias ± DE (Desviación estándar) con letras distintas en cada columna, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Duncan, $P \leq 0.05$).

Respecto a la variable altura de planta (AP), ambas dosis con Nd (75 y 150 µM) redujeron en 11 y 8% la variable, con respecto a su testigo. Este efecto es contario al observado en plántulas de lechuga cv. Rhodenas, donde el tratamiento con 40 y 60 µM Nd aumentó en 18.1 y 18.5% la AP, en ambos casos con respecto al testigo (Rueda-López *et al*., 2022). Es probable que las dosis utilizadas en nuestra investigación tuvieran un efecto toxico para las plántulas, al ser más altas que las que fueron evaluadas en lechuga. No obstante, la dosis con 150 µM Nd, fue usada en plántulas de caña de azúcar cv. Mex 69-290, y esta ocasionó un efecto positivo en el crecimiento, ya que aumentó la altura de la planta en un 48.8% (Ramírez-Antonio *et al*., 2023), lo que demuestra que la acelga puede ser susceptible a dosis con Nd mayores a 75 µM.

Con relación al número de hojas (NH), la dosis de 75 µM Nd aumentó en poco más del 2% respecto al testigo, aunque al aplicar 150 µM Nd la media de esta variable se redujo en 26%, en comparación con su testigo.

Resultó interesante observar que ambas dosis de Nd (75 y 150 µM), incrementaron la media de las unidades SPAD en 14 y 23%, con respecto a su testigo. Dada la correlación positiva entre las unidades SPAD y el contenido de clorofila en hojas, este incremento podría tener efectos positivos en procesos fotosintéticos, lo cual requiere ser demostrado en próximos experimentos.

Conclusiones

En este estudio, las aplicaciones foliares de neodimio (75 y 150 µM) no tuvieron efectos significativos en las variables altura de planta (AP), número de hojas (NH) ni en las unidades SPAD. Sin embargo, en términos porcentuales se observaron tendencias asociadas con el suministro de Nd. Con excepción de la variable AP, las otras dos variables sí aumentaron las medias en plantas tratada con Nd, espacialmente el NH con 75 µM Nd y las unidades SPAD con ambas concentraciones de Nd probadas.

Referencias bibliográficas

Carbajal-Vázquez, V. H., Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I. y Hidalgo-Contreras, J. V. 2025. Application and effects of rare earth elements in Agricultural production systems. Agro Productividad 18(1):205-214. https://doi.org/10.32854/agrop.v18i1.3218

Ramírez-Antonio, V. J., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., & Hidalgo-Contreras, J. V. 2023. Neodymium stimulates growth, nutrient concentration, and metabolism in sugarcane in hydroponics. Sugar Tech 25:1385-1395. https://doi.org/10.1007/s12355-023-01283-y

Rueda-López, I., Trejo-Téllez, L. I. y Gómez-Merino, F. C. 2022. Bioestimulación con neodimio en la germinación de semillas y el crecimiento inicial de plántulas de lechuga cv. Rhodenas. Experiencias Científicas, Tecnológicas y de Innovación *2*(1):1-6.

SADER. 2023. Acelga, una hortaliza muy nutritiva. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado en línea el 7 de mayo de 2025, de https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acelga-una-hortaliza-muy-nutritiva-332039?idiom=es#:~:text=Estas%20hortalizas%20son%20muy%20ricas,en%20cobre%2C%20hierro%20y%20f%C3%B3sforo.

Puccinelli, M., Carmassi, G., Botrini, L., Bindi, A., Rossi, L., Fierro-Sañudo, J. F., Pardossi, A., & Incrocci, L. 2022. Growth and mineral relations of *Beta vulgaris* var. *cicla* and *Beta vulgaris* ssp. *maritima* cultivated hydroponically with diluted seawater and low nitrogen level in the nutrient solution. Horticulturae *8*(7):638. https://doi.org/10.3390/horticulturae8070638

EFECTOS DEL NEODIMIO (Nd) EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE RÁBANO

Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1]*, Fernando Carlos Gómez-Merino[1,2] y Libia Iris Trejo-Téllez[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: carbajal.victor@colpos.mx

Palabras clave: *Elementos benéficos, Bioestimulación inorgánica, Crecimiento inicial.*

Introducción

El rábano (*Raphanus sativus* L.), es una especie perteneciente a la familia Brassicaceae. Se cultiva en suelos profundos y arcillosos con buen drenaje y valores de pH de entre 5.5 y 6.5 donde existe mayor disponibilidad de nutrientes y por tanto se observa una eficiente absorción de nutrientes. Es sensible a la salinidad, por lo que una conductividad eléctrica arriba de 1.2 dS m^{-1} afecta su rendimiento. Aunque se produce en climas templados, el desarrollo vegetativo del rábano se puede dar desde los 6 hasta los 30°C. La raíz tuberosa es el órgano de interés comercial de este cultivo, ya que es fuente de vitamina C, potasio (K) y yodo (I), este último de alta importancia en el funcionamiento de la tiroides. Las hojas son consideradas como esquilmo; sin embargo, en algunas regiones del sur-sureste de México, se consumen en fresco como ensalada o son procesadas en forma de salsa (SADER, 2023a).

En México la producción de rábano oscila alrededor de los 69 mil Mg. Se produce en 18 entidades federativas, aunque las de mayor producción de esta hortaliza son Puebla, Baja California, Jalisco y Sonora, con un volumen de producción de 30, 18, 7 y 3 mil Mg anuales, respectivamente. En la actualidad el rábano no figura como producto agroalimentario de gran exportación; sin embargo, Estados Unidos consume gran parte de lo que se produce en México; se tiene registro que, en 2017, se exportaron 37, 571 Mg de rábano, lo que significó un ingreso de 14,488,000 dólares estadounidenses (DGSIAP, 2018; SADER, 2023b). Como muchos cultivos hortícolas, el rábano requiere de mejoras sustentables en sus sistemas de producción, lo que podría ser impulsado a través de la bioestimulación inorgánica que ofrecen los elementos tierras raras.

El neodimio (Nd) es un elemento de las tierras raras de alta demanda en la actualidad. Por sus características tanto físicas como químicas es utilizado en la industria médica y automotriz; aunque su mayor uso es en la industria electrónica. El deficiente manejo de equipo médico, automotriz y electrónico en desuso, ha permitido cierto grado de contaminación tanto en mantos freáticos como en lodos residuales, haciendo biodisponible diversos metales, entre ellos el Nd. Recientes estudios han demostrado efectos potencialmente benéficos del neodimio (Nd) en plantas superiores como la lechuga y la caña de azúcar, incluyendo mejoras en parámetros de crecimiento y desarrollo (Carbajal-Vázquez *et al*., 2025). Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del Nd aplicado vía foliar, en plantas de rábano, en variables de crecimiento inicial.

Materiales y métodos

Semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. Champions fueron sembradas en semilleros de unicel de 200 cavidades con turba como sustrato. Las charolas de unicel fueron previamente desinfectadas usando una solución con hipoclorito de sodio al 5%, a razón de 1 mL L^{-1}). Habiendo transcurrido 20 días después de la siembra (dds), las plántulas fueron transferidas a macetas negras (13 × 14 × 18.5 cm), las cuales contenían como sustrato, una mezcla de turba blanca y tezontle (1:1; v:v). Se iniciaron tratamientos foliares (0, 75 y 150 µM Nd) 30 dds, asperjando las soluciones de Nd directamente a la planta hasta punto de goteo. Las aplicaciones se realizaron a las 06:00 h cada 10 d. Se realizaron tres aplicaciones, a partir de los 30 dds. Se midió la altura de planta (AP), desde la base del sustrato hasta la punta de la hoja más alta, usando una cinta métrica (Wiseup, ART-080102; Yiwu, China); también se registró el número de hojas (NH), por medio de conteo manual y la biomasa fresca de hojas (BFH), se obtuvo usando una balanza analítica (Adventurer Ohaus Pro AV213C; Parsippany, NJ, EE. UU.), todo esto a los 60 dds. El diseño de tratamientos fue completamente al azar. Una planta fue la unidad experimental con tres repeticiones. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y las medias fueron comparadas por la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en las variables AP, NH y BFH, evaluadas en plántulas de rábano cv. Champions, tratadas con distintas dosis de Nd; se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efecto del neodimio (Nd) en variables de crecimiento inicial de plántulas de rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. Champions.

Nd (µM)	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Biomasa fresca de hoja (g)
0	20.5±1.55 a	10.00±0.40 ab	22.3±2.1 a
75	24.5±1.19 a	11.20±0.25 a	21.5±3.5 a
150	21.0±0.70 a	9.71±0.47 b	21.8±1.6 a

Medias ± DE (Desviación estándar) con letras distintas en cada columna, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Duncan; $p \leq 0.05$).

El análisis estadístico reveló que las medias de todas las variables medidas fueron semejantes al testigo. Al hacer un análisis numérico de los porcentajes de aumento o disminución de estas medias; sin embargo, se encontraron tendencias asociadas con el tratamiento con Nd.

La variable AP, fue incrementada en 19.5 y 2.4% en plantas tratadas con 75 y 150 µM Nd, respectivamente, al compararse con su testigo.

Por otra parte, la aplicación de 75 µM Nd incrementó la variable número de hojas en 12.5%, en comparación con el testigo. Resultó interesante observar que la dosis 75 µM Nd aumentó el valor de la media de esta variable en 13.5% en comparación con la dosis 150 µM Nd, y esta diferencia fue estadísticamente significativa. Resultados similares fueron reportados en plántulas de lechuga cv. Ruby Sky, en las que dosis de 56 y 113 µM Nd, incrementaron la AP y el NH (Rueda-López *et al*., 2022).

La variable BFH disminuyó en 2.24 y 3.58% al aplicar 75 y 150 µM Nd, respectivamente, en comparación con el testigo.

Conclusiones

La aplicación foliar de neodimio (Nd) en plántulas de rábano no tiene efectos significativos en las variables altura de planta, número de hojas ni biomasa fresca de hoja. A pesar de la ausencia de diferencias significativas, se observó que ambas concentraciones de Nd evaluadas aumentan la AP, y que el NH es mayor con 75 M Nd; en tanto que, la BFH tendió a disminuir. Por lo tanto, se concluye que, el Nd afecta de manera diferencial las variables evaluadas.

Referencias bibliográficas

Carbajal-Vázquez, V. H., Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I. and Hidalgo-Contreras, J. V. 2025. Application and effects of rare earth elements in Agricultural production systems. Agro Productividad 18(1):205-214. https://doi.org/10.32854/agrop.v18i1.3218

DGSIAP. 2018. En 2017, México exportó 37 mil 571 toneladas de rábano. Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en línea el 9 de mayo de 2025, de: https://www.gob.mx/agricultura%7Cdgsiap/es/articulos/en-2017-mexico-exporto-37-mil-571-toneladas-de-rabano

Rueda-López, I., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Peralta-Sánchez, M. G. and Ramírez-Olvera, S. M. 2024. Neodymium and zinc stimulate growth, biomass accumulation and nutrient uptake of lettuce plants in hydroponics. Folia Horticulturae 36(2):283-297. https://doi.org/10.2478/fhort-2024-0017

SADER. 2023a. Que hay detrás de la producción de rábano. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado en línea el 9 de mayo de 2025, de: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-hay-detras-de-la-produccion-de-rabano?idiom=es#:~:text=A%20nivel%20nacional%2C%20en%202022,Sabes%20c%C3%B3mo%20escoger%20un%20r%C3%A1bano?

SADER. 2023b. El oro rojo, rábano orgullo mexicano. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado en línea el 9 de mayo de 2025, de: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-oro-rojo-rabano-orgullo-mexicano

EFECTOS BIOESTIMULANTES DEL TITANIO (Ti) EN CONCENTRACIONES DE MICRONUTRIMENTOS EN CAÑA DE AZÚCAR

Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1]*, Fernando Carlos Gómez-Merino[1,2], Libia Iris Trejo-Téllez[1] y Juan Valente Hidalgo-Contreras[2]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: carbajal.victor@colpos.mx

Palabras clave: *Elementos benéficos, Bioestimulación inorgánica, Nutrición mineral.*

Introducción

De los metales de transición, el titanio (Ti) es un elemento considerado benéfico, ya que puede mejorar el crecimiento de las plantas, estimular procesos enzimáticos, promover la absorción de elementos esenciales y aumentar el rendimiento de los cultivos (Qi *et al*., 2024). En trigo (*Triticum aestivum* L.), el Ti suministrado en forma de nanopartículas de TiO_2 (*n*TiO_2), incrementó la altura de planta, la longitud de espiga, el contenido de clorofila, y la biomasa seca de paja, lo que permitió un mayor rendimiento de grano, además de aumentar la actividad de enzimas antioxidantes en hojas, lo que mitigó el estrés oxidativo en estos tejidos (Yuan *et al*., 2024). La caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbridos L.) representa el segundo sistema-producto de mayor importancia en el sector agroalimentario en México, solo después del maíz (*Zea mays* L.) y en el 2023 obtuvo un volumen de producción de 55 millones 590 mil Mg, posicionando al país como el octavo productor de este cultivo a nivel global (STATISTA, 2025). Como parte de la agricultura, la caña de azúcar requiere estrategias sustentables que le permitan elevar su producción ante escenarios del cambio climático, lo cual puede ser logrado a través de la bioestimulación con elementos benéficos como el Ti. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del Ti (0, 5 y 10 mM Ti a partir de nTiO_2) en dos nuevos híbridos de caña de azúcar, Mex 09-208 y Mex 09-341, bajo invernadero, en la concentración foliar de micronutrimentos.

Materiales y métodos

Las plántulas de caña de azúcar se obtuvieron de yemas de entre 8 y 10 cm de los dos híbridos Mex 09-208 y Mex 09-341. Estas se colocaron en imbibición por 18 h en cada tratamiento. Cada yema se sembró en contenedores de plástico (13 × 14 × 18.5 cm), con una mezcla de turba blanca (Super Terra ST1 Hawita) y tezontle (1:1; v:v) como sustrato. Se agregaron 200 mL de agua potable cada dos días para mantener la humedad de las macetas. Los tratamientos evaluados fueron 0, 5 y 10 mM Ti empleando como fuente nTiO_2. La unidad experimental fue una maceta con una plántula, cada tratamiento tuvo tres repeticiones y se condujo un experimento en bloques al azar dentro del invernadero. Las soluciones con Ti se asperjaron directo al sustrato. Se hicieron cinco aplicaciones en intervalos de 10 d. Después de 60 días a partir de la siembra, se cosechó y se realizó análisis nutrimental para determinar las concentraciones de B, Cu, Fe, Mn y Zn. Se pesó 0.25 g de tejido seco y se colocó en tubos de ensayo. Se realizó digestión húmeda a 360°C agregando una mezcla de ácidos (H_2SO_4:$HClO_4$; 2:1, v/v) y posteriormente se adicionó H_2O_2. Una vez terminado el proceso de digestión, cada muestra se aforó a 25 mL con agua desionizada y se filtró, de acuerdo con los protocolos descritos por Alcántar y Sandoval (1999). La lectura de las muestras se hizo en un equipo de espectrofotometría de emisión óptica de inducción por plasma acoplado (ICP-OES 725; Santa Bárbara, CA, EE. UU.). Con los resultados obtenidos, se realizó un análisis de varianza GLM y pruebas de comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Las dosis de Ti aplicadas a yemas del híbrido Mex 09-208, no afectaron significativamente la concentración de B, Cu, Mn y Zn; por el contrario, el tratamiento con 5 mM Ti incrementó en 31.4% la concentración de Fe con respecto al testigo (Figura 1).

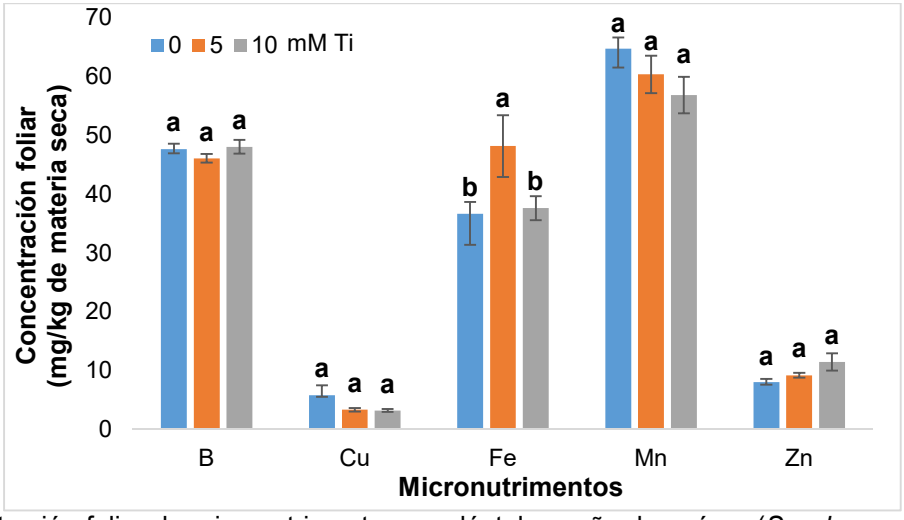


Figura 1. Concentración foliar de micronutrimentos en plántulas caña de azúcar (*Saccharum* spp.) híbrido Mex 09-208 tratadas con distintas dosis de titanio (Ti). Medias ± DE con letras distintas indican diferencias estadísticas entre los tratamientos en cada elemento (Tukey, $p \leq 0.05$).

En el híbrido Mex 09-208 se observó que el Ti tendió a aumentar las concentraciones de Fe y Mn, aunque las diferencias no fueron significativas con respecto al testigo (Figura 2).

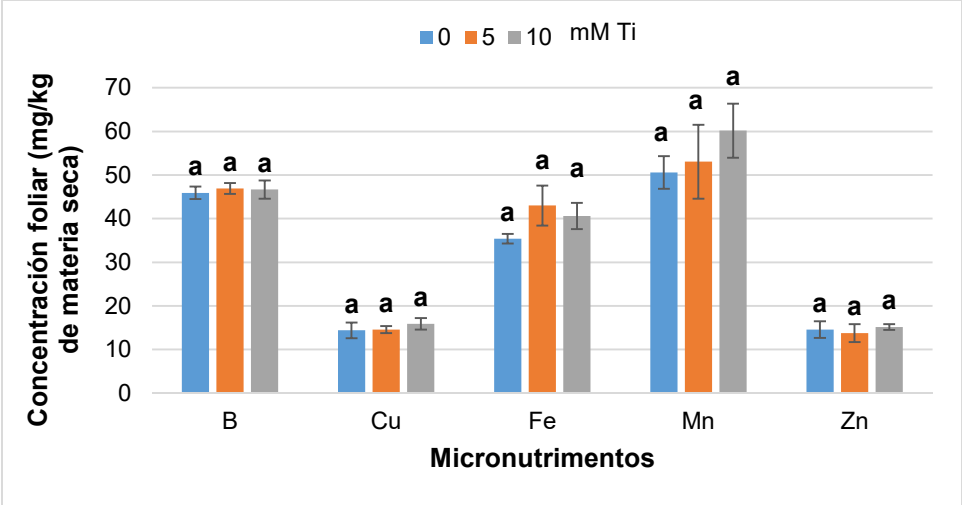


Figura 1. Concentración foliar de micronutrimentos en plántulas caña de azúcar (*Saccharum* spp.) Híbrido Mex 09-341 tratadas con distintas dosis de titanio (Ti). Medias ± DE con letras distintas indican diferencias estadísticas entre los tratamientos en cada elemento (Tukey, $p \leq 0.05$).

Conclusiones

Se observaron distintas respuestas a los tratamientos entre híbridos evaluados. Destaca el incremento de 31.4% en la concentración foliar de Fe de plantas del híbrido Mex 09-208 tratadas con 5 mM Ti. Por el contrario, en el híbrido Mex 09-341, a pesar de no encontrarse efectos significativos, se observaron incrementos en las concentraciones foliares de Fe y Mn asociadas al tratamiento con Ti.

Referencias bibliográficas

Alcántar, G. G. y V. M. Sandoval. 1999. Manual de análisis químicos de tejido vegetal. Publicación especial. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo 10.

Yuan, H., Q. Wang, J. Tan, J. Wu, C. Liang, Y. Wang, *et al.* 2024. Ionic titanium is expected to improve the nutritional quality of Tartary buckwheat sprouts through flavonoids and amino acid metabolism. Food Chemistry 461:140907. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140907.

Qi, A., Wang, Z., Jiang, L., Wang, Q., Ren, Y., Liang, C. *et al*. 2024. Physiological mechanisms of titanium regulation of growth, photosynthesis, and mineral absorption in Tartary buckwheat. Agronomy 14(4):720. https://doi.org/10.3390/agronomy14040720.

STATISTA. 2025. México: volumen de producción de caña de azúcar 2012-2023. Consultado el 16 de mayo de 2025, de: https://www.statista.com/statistics/910167/mexico-sugar-cane-production-volume/#:~:text=En%202023%2C%20el%20volumen%20de,con%20respecto%20al%20a%C3%B1o%20anterior.

EL ÁCIDO FOSFOROSO AFECTA LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONCENTRACIÓN DE CLOROFILAS TOTALES EN GRAMÍNEAS INVASORAS DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Fernando C. Gómez-Merino[1*], Libia I. Trejo-Téllez[1], Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1], Jericó Jabín Bello-Bello[2] y Juan Valente Hidalgo-Contreras[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: fernandg@colpos.mx

Palabras clave: *Malezas, Phi, Caña de azúcar, Herbicidas.*

Introducción

Para el año 2023, el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbridos) tuvo una producción mundial de 2025.7 millones de toneladas métricas (FAOStat, 2025), lo que la coloca como una especie vegetal con relevancia a nivel global. Dentro de los factores bióticos que dañan la productividad de las plantaciones se encuentran las malezas. Entre el cultivo y las malezas se da una competencia por espacio y nutrientes, lo que se ve más reflejado en la fase inicial de crecimiento de la caña de azúcar. El manejo de las malezas en la agricultura convencional es usar herbicidas sintéticos, en su mayoría dañinos para la salud del suelo, de las plantaciones y de los seres vivos. Cada día se apuesta por resarcir los daños que las moléculas sintéticas de los plaguicidas han provocado, por lo que se buscan alternativas diferentes para realizar un manejo correcto de malezas. Un análogo del fosfato (Pi) es el fosfito (Phi), el cual puede ser usado como herbicida alternativo en algunas especies de malezas (Trejo-Téllez *et al.,* 2024), aunque en el cultivo de caña de azúcar no se ha probado su efectividad. Los pigmentos fotosintéticos de las plantas revelan el estado de salud en el que se encuentran. Dentro de ellos, las clorofilas tienen la responsabilidad de recolectar la energía de la luz y transportarla a los centros de reacción. Todos los procesos en los que participan las clorofilas permiten a la planta tener mecanismos como la fotoprotección y defensa contra el estrés oxidativo (Jiménez-Lao *et al.*, 2021). La actividad antioxidante hace referencia a la prevención de los efectos nocivos de los radicales libres en las plantas, y conociendo el valor de la actividad antioxidante en las plantas es posible determinar que tanto está siendo afectada por diferentes factores de estrés (Kuskoski *et al*., 2005). El objetivo de este estudio fue determinar el impacto del Phi en la actividad antioxidante y concentración de clorofilas aplicado a una población de pastos compuesta predominantemente por zacate estrella (*Cynodon nlemfuensis* y *C. plectostachyus*) y gramas nativas (*Axonopus* spp., *Cynodon* spp. y *Paspalum* spp.) como malezas en el cultivo de caña de azúcar.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se trabajó con cultivos de caña de azúcar establecidos en campos experimentales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba (18° 51’ 20” de latitud norte; 96° 51’ 37” de longitud oeste, a 654 m de altitud). Se establecieron tres lotes experimentales para probar las siguientes dosis de Phi aplicadas al follaje: 0, 400 y 800 mM Phi. Durante el estudio no se utilizó ningún otro tipo de control de malezas, fuera de la aplicación de Phi. Variables medidas. La actividad antioxidante se midió por la técnica 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), de acuerdo con la metodología descrita por Kuskoski *et al*. (2005). La concentración de clorofilas totales se determinó por medio del protocolo descrito por Jiménez-Lao *et al.* (2021).
Diseño experimental y análisis estadísticos**.** Se estableció un diseño experimental completamente al azar. Los datos fueron procesados mediante el software estadístico RStudio versión 1.2.5033, para lo cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA), con el fin de determinar diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% ($P \leq 0.05$) mediante la prueba Tukey.

Resultados y discusión

La actividad antioxidante registrada se relacionó de forma positiva con la concentración de Phi aplicada en las gramíneas, con diferencias significativas observables entre tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Actividad antioxidante total y concentración de clorofilas totales en malezas de la familia Poaceae del cultivo caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en respuesta a la aplicación de fosfito (Phi) en campos experimentales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Tratamiento (Phi, mM)	Actividad antioxidante total (µg/g PBF)	Clorofilas totales (mg/g PBF)
0	448.92 c	3.51 a
400	683.34 b	2.19 b
800	745.12 a	1.23 c

*Datos documentados a las 24 horas después de aplicados los tratamientos. Medias con letras distintas en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). PBF: Peso de la biomasa fresca.

En este grupo de plantas, las concentraciones de clorofilas se redujeron drásticamente con la aplicación de Phi, con diferencias estadísticas respecto al testigo (Cuadro 1). La aplicación de 400 y 800 mM Phi causó severos daños al tejido foliar de las plantas. Sin embargo, la mayor parte de las gramíneas logró recuperarse de dos a tres semanas después de la aplicación. Esta rápida recuperación indica una estrategia muy eficiente de las gramíneas para afrontar los desequilibrios que ocasiona el Phi a nivel fisiológico. El cultivo de la caña de azúcar no presentó daño por las aplicaciones de Phi, en ninguna de las dosis probadas.

Conclusiones

Derivado del presente experimento fue posible observar que la aplicación de Phi aumentó la capacidad antioxidante, en tanto que la concentración de clorofilas totales se relacionó de manera inversa con las concentraciones aplicadas de Phi. Esto quiere decir que el Phi puede actuar como herbicida para algunas malezas de la familia Poaceae, las cuales entraron en estrés oxidativo y desencadenaron mecanismos de defensa para mitigarlo. Por el contrario, hubo una disminución en la concentración de clorofilas totales. A pesar de ello, cualquiera de las especies estudiadas logró recuperarse después de tres semanas de las aplicaciones.

Referencias bibliográficas

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Statistics). 2025. Database. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Jiménez L. R., P. García C., M. Pérez S., A. Llanderal and M. T. Lao. 2021. Monitoring optical tool to determine the chlorophyll concentration in ornamental plants. Agronomy 11(11):2197. https://doi.org/10.3390/agronomy11112197

Kuskoski, E. M., A. Asuero G., A. Troncoso M., J. Mancini-Filho, and R. Fett. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciencia y Tecnología Alimentaria 25:726-732.

Trejo, T. L. I., V.H. Carbajal V., J. Lavín C. and F. C. Gómez M. 2024. Phosphite as a sustainable and versatile alternative for biostimulation, biocontrol, and weed management in modern agriculture. Processes 12(12):2764. https://doi.org/10.3390/pr12122764

CLOROFILAS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN MALEZAS DICOTILEDÓNEAS TRATADAS CON FOSFITO (Phi)

Fernando C. Gómez-Merino[1*], Libia I. Trejo-Téllez[1], Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1], Jericó Jabín Bello-Bello[2], Juan Valente Hidalgo Contreras[2]

[1]Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México, México.
[2]Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: fernandg@colpos.mx

Palabras clave: *Fosfato, Herbicidas, Agricultura sustentable.*

Introducción

La evolución de las malezas resistentes a los herbicidas es un problema que ha aumentado considerablemente, un ejemplo es la resistencia al glifosato, a la fecha se han reportado 41 especies de malezas resistentes solo a este ingrediente activo (Pandeya *et al*., 2018). A nivel mundial se han confirmado 254 especies de malezas que presentan resistencia a diferentes herbicidas. Los efectos negativos de la aplicación de plaguicidas van más allá de la resistencia, desafortunadamente han llevado a una creciente contaminación ambiental y problemas de salud pública. (Xu *et al*., 2024).

El fósforo (P), desempeña funciones importantes en las plantas al asimilarse en constituyentes celulares. La principal fuente de asimilación rápida de fósforo es el fosfato (Pi). Las células vegetales no pueden metabolizar el fosfito (Phi) (un análogo del fosfato) ya que no cuentan con la enzima fosfito deshidrogenasa (PTDH o PtxD) la cual se encarga de incorporar Phi en los procesos metabólicos. Cuando se tiene una deficiencia de fosfato, el fosfito altera las concentraciones de polifosfatos y pirofosfatos, inhibiendo enzimas por la vía de la glucólisis y la vía de las pentosas fosfato; de esta manera interfiere con el metabolismo de fósforo. El Phi interrumpe la actividad de las fosfatasas y los transportadores de Pi de alta afinidad que se relacionan con las respuestas a la inanición de fosfato, dejando como consecuencia cambios en los niveles de varios metabolitos centrales, incluyendo la acumulación de antocianina en hojas y una fuerte detención del crecimiento. Cuando las dosis de aplicación de Phi son altas, por sí solas, alteran los mecanismos de percepción y respuesta a la deficiencia de fósforo, lo que conlleva toxicidad en las plantas (Trejo-Téllez *et al.,* 2024).

La estimación precisa de la concentración de pigmentos fotosintéticos en las hojas es crucial para comprobar la salud de la planta. Las clorofilas son los principales pigmentos, tienen la responsabilidad de recolectar la energía de la luz y transportarla a los centros de reacción. Todos los procesos en los que participan las clorofilas permiten a la planta tener mecanismos como fotoprotección y defensa contra el estrés oxidativo (Jiménez-Lao *et al.*, 2021).

La actividad antioxidante hace referencia a la prevención de los efectos nocivos de los radicales libres en las plantas, conociendo el valor de la actividad antioxidante en las plantas es posible determinar que tanto están siendo afectadas por diferentes contaminantes (Kuskoski *et al*., 2005).

Teniendo el conocimiento de que altas concentraciones de Phi desencadenan efectos fitotóxicos en células vegetales, el objetivo de este estudio fue determinar el impacto del Phi en la concentración de clorofilas totales y la actividad antioxidante aplicado en arvenses de hoja ancha, principalmente *Ipomoea* spp. y *Melampodium* spp presentes en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp. Híbridos).

Materiales y métodos

Material vegetal. Se trabajó con cultivos de caña de azúcar establecidos en campos experimentales del Campus Córdoba (18° 51’ 20” de latitud norte; 96° 51’ 37” de longitud oeste, a 654 m de altitud). Se establecieron tres lotes experimentales para probar las siguientes dosis de Phi aplicadas al follaje: 0, 400 y 800 mM Phi. No se hizo un manejo diferente a las aplicaciones de fosfito sobre las malezas.

Variables a medir. Las concentraciones de clorofila se determinaron por medio del protocolo descrito por Jiménez-Lao *et al.* (2021). La actividad antioxidante se midió por la técnica 2,2- difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), de acuerdo con la metodología descrita por Kuskoski *et al*. (2005).

Diseño experimental y análisis estadísticos. Se estableció un diseño experimental completamente al azar. Los datos fueron procesados mediante el software estadístico RStudio versión 1.2.5033, para lo cual se realizó un análisis de varianza, con el fin de determinar diferencias significativas con un nivel de confianza del 95%, mediante la prueba Tukey.

Resultados y Discusión

Clorofilas totales. La concentración de clorofila presente en la planta representa un valor importante en la investigación del metabolismo vegetal. Estos valores varían dependiendo de cada especie, de los niveles de irradiación recibida, de condiciones de estrés y de factores ambientales (Jiménez-Lao *et al.*, 2021). En este estudio se encontró que la concentración de clorofilas fue disminuida; observándose decrementos de mayor magnitud a medida que las dosis de Phi aplicada aumentan (Cuadro 1).

Cuadro 1**.** Concentración de clorofilas totales en malezas dicotiledóneas del cultivo caña de azúcar (*Saccharum* spp.) afectadas por la aplicación de Phi).

Phi (mM)	Clorofilas totales (mg/g PBF)
0	4.77 a
400	2.14 b
800	0.88 c

* Datos documentados a las 24 horas después de aplicados los tratamientos. Medias con letras distintas para cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Este hecho puede explicarse por los efectos de las dosis aplicadas de Phi, cuanto mayor sea la dosis aplicada habrá una reducción de las concentraciones de clorofilas y de la tasa fotosintética.

Actividad antioxidante. Se observó un incremento de la actividad antioxidante en malezas tratadas con las dos concentraciones de Phi evaluadas; dichos incrementos fueron estadísticamente superiores al testigo (Cuadro 2). Estos resultados indican que la absorción de Phi, una fuente de P no metabolizable, ocasiona estrés oxidativo a nivel celular.

Cuadro 2. Actividad antioxidante total en malezas dicotiledóneas del cultivo caña de azúcar (*Saccharum* spp.) afectadas por la aplicación de fosfito (Phi).

Phi (mM)	Actividad antioxidante total (µg g^{-1} PBF)
0	432.03 b
400	772.59 a
800	780.92 a

* Datos documentados a las 24 horas después de aplicados los tratamientos. Medias con letras distintas para cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey; $P \leq 0.05$).

Conclusiones

La aplicación de Phi a malezas de hoja ancha del cultivo de caña de azúcar disminuye en ellas la concentración de clorofilas totales y aumenta la capacidad antioxidante. El uso de Phi en altas dosis puede suprimir eficazmente las malezas de hoja ancha presentes en el cultivo de caña de azúcar, lo que puede contribuir a disminuir los problemas ambientales y de producción agrícola.

Referencias bibliográficas

Jiménez-Lao, R., Garcia-Caparros, P., Pérez-Saiz, M., Llanderal, A., & Lao, M. T. (2021). Monitoring Optical Tool to Determine the Chlorophyll Concentration in Ornamental Plants. *Agronomy*, *11*, 2197.

Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *25*, 726-732.

Pandeya, D., López-Arredondo, D. L., Janga, M. R., Campbell, L. M., Hernández, P. E., Bagavathianan, M. V., Estrella-Herrera L. & Rathore, K. S. (2018). Selective fertilization with phosphite allows unhindered growth of cotton plants expressing the *ptxD* gene while suppressing weeds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *115*, E6946-E6955.

Trejo-Téllez, L. I., Carbajal-Vázquez, V. H., Lavín-Castañeda, J., & Gómez-Merino, F. C. (2024). Phosphite as a sustainable and versatile alternative for biostimulation, biocontrol, and weed management in modern agriculture. *Processes*, *12*, 2764.

Xu, D., Xiong, T., Lu, W., Zhao, J., Zhang, Z., & Xiao, G. (2024). The ptxD gene confers rapeseed the ability to utilize phosphite and a competitive advantage against weeds. *Agronomy*, *14*, 727.

RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE AJONJOLÍ EN GUERRERO

Romualdo Vásquez-Ortiz[1]*, Rocío Toledo-Aguilar[1], Ignacio Benítez-Riquelme[2], Leticia Tavitas-Fuentes[3], Mariano Morales-Guerra[4] y David H. Noriega-Cantú[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala, km 2.5 Carretera Iguala-Tuxpan, C.P. 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco de Mora, Estado de México, México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec, Km. 0.5 Carretera Zacatepec, Galeana-Cuautla S/N, C.P. 62780, Zacatepec, Morelos, México.
[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Melchor Ocampo Número 7, C.P. 68200, Colonia Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca, México.
*Autor para correspondencia: vazquez.romualdo@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Sesamum indicum* L.*, Ambientes, Productividad.*

Introducción

En el estado de Guerrero, el ajonjolí se cultiva en el trópico seco, bajo temporal, con precipitación de 600 a 1000 mm; su producción generalmente se vende y contribuye en la generación de ingresos de las familias rurales (Vásquez-Ortiz *et al*., 2024). Sin embargo, esta producción es baja debido a la heterogeneidad de los materiales utilizados, así como su manejo agronómico. Aunque se ofertan variedades mejoradas, éstas fueron liberadas hace más de dos décadas (Joaquín, 2003) y no tienen mucha presencia en el mercado. Por otro lado, existen accesiones de ajonjolí en bancos de germoplasma, aunado a colectas recientes que se realizaron con productores que han conservado este recurso genético en coevolución cultural, cambio agroecológico y climático; también se tienen variedades liberadas del pasado, y poblaciones introducidas, con las cuales se puede retomar el programa de mejoramiento genético de esta oleaginosa. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el rendimiento de grano de 50 poblaciones de ajonjolí en ambientes contrastantes en Guerrero.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en dos localidades (Iguala y Zicapa) del estado de Guerrero, durante dos ciclos de cultivo en primavera-verano (2021 y 2022), haciendo cuatro ambientes en total. El material genético estuvo constituido por 50 poblaciones de ajonjolí, que se distribuyó en un diseño experimental de alpha látice 10 × 5 (bloques × poblaciones), con tres repeticiones. La parcela experimental fue de 12 m^2, y estuvo compuesta por tres surcos de 5 m de largo, con 0.80 m de separación y 0.50 m de distancia entre matas. La siembra fue manual, se realizó el 11 y 18 de junio en Zicapa e Iguala, durante el ciclo PV-2021, y el 25 de junio en Zicapa y 2 de julio en Iguala, en PV-2022. En todos los casos, las semillas se colocaron en la costilla del surco, y se cubrió con una ligera capa de tierra. A los 30 días después de la siembra (DDS), la población se ajustó a dos y tres plantas por mata (25 plantas por surco de 5 m y 75 plantas por parcela experimental), y una densidad de 62,500 plantas/ ha. La cosecha se realizó en cinco plantas del surco central, se obtuvo el peso de semilla por planta en g, con balanza analítica de precisión digital; posteriormente, se estimó el rendimiento en kg por ha. Se tomaron datos de temperatura y precipitación mensual de los ambientes de evaluación. Se realizó análisis de varianza combinado a través de ambientes y se usaron las librerías metan y lme4. Posteriormente, se obtuvo la comparación de medias (Tukey, 0.05) con el programa estadístico R.

Resultados y discusión

El análisis de varianza combinado indicó diferencia significativa ($p < 0.001$) en el rendimiento de grano por hectárea en ajonjolí, para ambientes, genotipos e interacción genotipo por ambiente (Cuadro 1), lo que indica la presencia de variabilidad genética y especificidad ambiental entre las poblaciones de ajonjolí; esta heterogeneidad de respuesta es común en sitios de baja precipitación como lo constatan Baraki *et al*. (2016); Takele y Dhabessa (2025), en Etiopía.

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano de 50 poblaciones de ajonjolí evaluados en cuatro ambientes en Guerrero, México.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F valor	Pr(>F)
Ambientes	3	69802762	23267587	1606.343	2.2e-16***
Genotipos	49	35215060	718675	49.616	2.2e-16***
Ambientes/repetición	8	8478352	1059794	73.166	2.2e-16***
Ambientes x genotipos	147	56408704	383733	26.492	2.2e-16***
Ambientes/repetición/bloque	108	28089833	260091	17.956	2.2e-16***
Residuales	2684	38877251	14485		

*** significancia estadística en $p < 0.001$

El factor ambiental fue la variación más abundante para definir el comportamiento de las poblaciones, debido al aumento de temperatura de un año a otro y por la baja precipitación o distribución no uniforme de las lluvias incluso en el mismo sitio; en la localidad de Zicapa hubo un aumento de la temperatura de 0.7 en la mínima y 1°C en la máxima, mientras que, para Iguala fue de 0.5 en la mínima y 0.6°C en la máxima (Figura 1). Un aumento de temperatura de 0.03ºC por año, provoca un incremento en el calentamiento global; específicamente en esta región de México, el aumento es mayor que esta cifra y se ha agudizado en los últimos cinco años (Murray-Tortarolo, 2021). La temperatura, al igual que la cantidad y distribución de la precipitación en los meses que correspondió a la evaluación *per se*, podrían explicar la variabilidad ambiental, donde se observó que en 2021 tanto en Zicapa como Iguala se favorecieron los genotipos precoces con las lluvias abundantes en agosto, y mientras que los genotipos más tardíos se desarrollaron mejor con las lluvias abundantes en septiembre en el 2022.

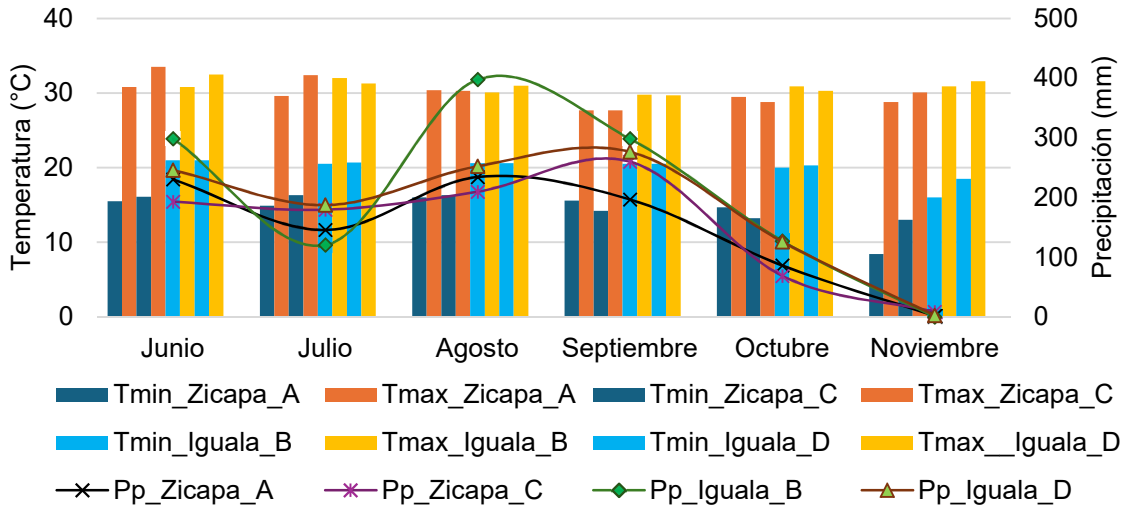


Figura 1. Temperatura mínima media mensual (Tmin), temperatura máxima (Tmax) y precipitación (Pp) acumulada mensual (mm) en los ambientes de evaluación de poblaciones de ajonjolí en Guerrero, durante los ciclos agrícolas PV-2021 (A y B) y PV-2022 (C y D).

En promedio, el rendimiento de grano de las poblaciones evaluadas se muestra en la Figura 2; en esta diversidad genética, destaca la población Col19 con el promedio más alto en rendimiento de grano con 803 kg/ha, seguido por Abelardo-Ramírez con 749 kg/ha[1], Los Hornos con 736 kg/ha, y la variedad mejorada Igualteco obtuvo 516 kg/ha (testigo); en el otro extremo, la población introducida Corea Precoz presentó 315 kg/ha, la cual no presenta ramas, lo que probablemente influyó en su bajo rendimiento. Al comparar las poblaciones con el testigo Igualteco, las mayores ventajas en rendimiento de grano se obtuvieron con Col19, Abelardo-Ramírez y Los Hornos, con un 35.74%, 29.02% y 8.34%, respectivamente, lo que indican adaptabilidad a los ambientes evaluados y zona agroecológica similar a su forma de producción. Por lo tanto, estas tres poblaciones pueden ser consideradas

como candidatas potenciales para mejoramiento genético y podrían, luego de una depuración y selección individual, liberarse en los ambientes evaluados (Takele y Dhabessa, 2025).

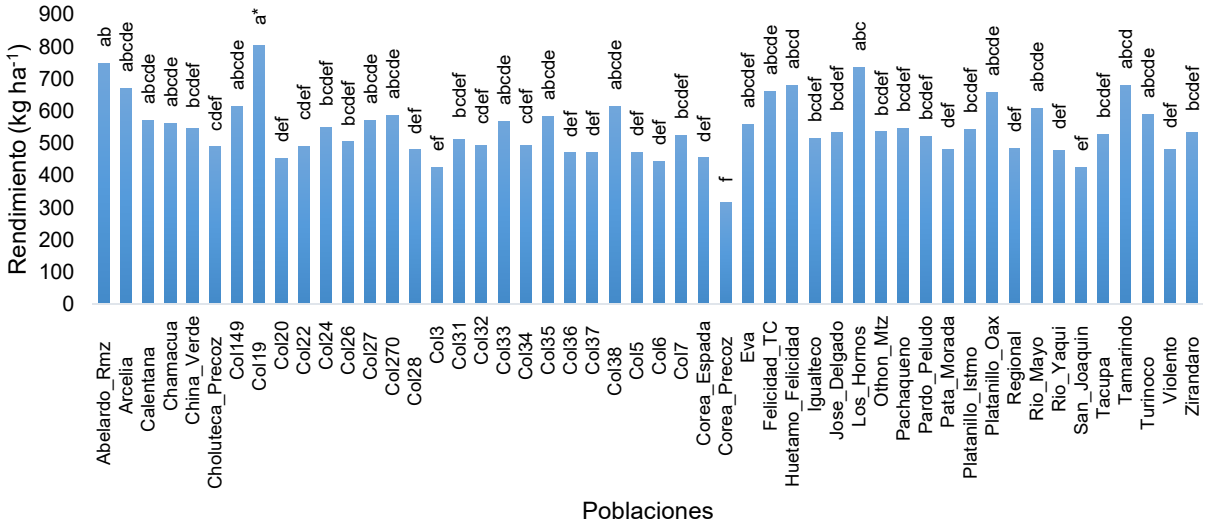


Figura 1. Rendimiento promedio de grano de 50 poblaciones de ajonjolí evaluado en cuatro ambientes en Guerrero, México. *Barras que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Conclusión

Se identificó presencia de variabilidad genética entre las poblaciones evaluadas en los diferentes ambientes, las poblaciones Col19, Abelardo-Ramírez y Los Hornos obtuvieron el mejor desempeño en los ambientes de prueba, con ventajas de rendimiento del 35.74, 29.02 y 8.34%, respectivamente, sobre la variedad mejorada Igualteco como testigo. Por tanto, estas poblaciones son promisorios para ser utilizados como material parental en futuros programas de mejoramiento genético en ajonjolí.

Referencias bibliográficas

Baraki, F., Tsehaye, Y. y Abay, F. 2016. Analysis of genotype × environment interaction and seed yield stability of sesame in Northern Ethiopia. Journal of Plant Breeding and Crop Science 8:240-249.

Joaquín, T. I. C. 2003. Manual para producir ajonjolí en la Tierra Caliente de Guerrero y Michoacán. INIFAP. CIR-Pacífico Sur. Campo Experimental, Iguala, Guerrero, México. Folleto Técnico número 10. 32 p.

Murray-Tortarolo, G. N. 2021. Seven decades of climate change across Mexico. Atmósfera 34:217-226.

Takele, F. y Dhabessa, A. 2025. Multi-environmental trial and stability study of Ethiopia sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Western Oromia. Agrosystems, Geosciences and Environment 8: e70110.

Vásquez-Ortiz, R., Toledo-Aguilar, R., Benítez-Riquelme, I., Castillo-González, F., Silva-Rojas, H. V., y Lobato-Ortiz, R. 2024. Caracterización morfológica de germoplasma de ajonjolí en el estado de Guerrero, México. Revista Fitotecnia Mexicana 47(3):223-231.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al CONAHCYT y al INIFAP por el financiamiento del proyecto “Producción e incremento en la productividad del cultivo de ajonjolí en la región del pacífico sur de México”, número SIGI 2252335077.

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE FITOHORMONAS SOBRE PARÁMETROS RELACIONADOS CON SÍNTOMAS DEL HLB EN LIMA PERSA (*Citrus latifolia* Tan.)

Fredy Morales-Trejo[1*], Juan Antonio Villanueva-Jiménez[1], Luis Alfredo Pérez-Zárate[1], Aída Martínez-Hernández[2], Nora Aida Hernández-Avendaño[1] y Hasel Lara-Adame[3]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, km 88.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, Predio Tepetates, C.P. 91690, Manlio Fabio Altamirano, Ver., México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Campeche, km 17.5 carretera Haltunchén-Edzná, Sihochac, C.P. 24450, Champotón, Cam., México.
[3]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Oriente 6 1009, Rafael Alvarado, C.P. 94340 Orizaba, Ver. México.
[*]Autor para correspondencia: fredy.morales@colpos.mx

Palabras clave: *Metabolismo de carbohidratos*, *Eficiencia fotosintética*, *Crecimiento*, *Peróxidos*.

Introducción

El Huanglongbing (HLB) es una de las enfermedades más complejas y graves que afecta a las especies comerciales de cítricos. Se asocia con *Candidatus* Liberibacter asiaticus (*C*Las), una α-proteobacteria limitada al floema y no cultivable, que se transmite por el psílido de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama. Los síntomas más evidentes del HLB son el amarilleo de los brotes y el moteado irregular de las hojas. La infección por HLB deja a las plantas infectadas improductivas y causa su muerte en un plazo de tres a cinco años. Además, se forman deposiciones de calosa y alta acumulación de almidón en las hojas, lo que se cree que provoca la desintegración del sistema tilacoidal del cloroplasto y, por consiguiente, la clorosis observada en los tejidos infectados (Pitino *et al*., 2018). Los procesos de infección pueden provocar perturbaciones en la distribución del carbono, acumulación excesiva de almidón en los plástidos, disrupción de los cloroplastos, aumento de H_2O_2, desarrollo insuficiente de las raíces, reducción del tamaño y deformaciones de los frutos y crecimiento lento. En las plantas superiores, la producción de almidón se da por enzimas biosintéticas localizadas en los cloroplastos, afectadas por los niveles hormonales endógenos que regulan los genes implicados en la vía del metabolismo del almidón (Liu *et al*., 2015). No se conoce una cura para el HLB ni un tratamiento viable y eficaz; sin embargo, la interacción molecular entre *C*Las y los cítricos hospedantes, sugiere que es posible activar los mecanismos de defensa de las plantas para incrementar su resistencia, mediante la aplicación exógena de hormonas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta bioquímica, progreso de la enfermedad y desarrollo de plantas enfermas con HLB ante la aplicación foliar de hormonas.

Materiales y métodos

Se montó un experimento en invernadero en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, utilizando plantas de lima persa sanas y enfermas con HLB. Previamente, estas plantas fueron confirmadas como sanas o enfermas mediante análisis de PCR y qPCR. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones por tratamiento en el grupo de plantas sanas y ocho repeticiones en el grupo de plantas enfermas. Se realizaron aplicaciones foliares exógenas de los siguientes tratamientos los cuales se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos para la aplicación foliar, en plantas de lima persa sanas y enfermas con HLB.

Tratamiento	Dosis	Referencia
Testigo (Test)	Agua + Tween80®	
Ácido salicílico (SA)	10 mM	(Flores-de la Rosa *et al*., 2021)
Ácido giberélico (GA)	30 mg L^{-1}	(Ma *et al*., 2021)

Se realizaron aplicaciones de los tratamientos cada 15 días durante dos meses adicionando Tween 80® como surfactante. Las mediciones se realizaron al inicio (previo a la aplicación de tratamientos) (T0) y al final del periodo de tratamientos (TF).

De cada una de las plantas se colectaron hojas maduras (de color verde intenso y endurecidas) de la parte inferior de la planta, y hojas que presentaban síntomas característicos del HLB, como moteado asimétrico, aclaramiento y engrosamiento de nervaduras. Se formó una muestra compuesta, se maceraron con nitrógeno líquido, tamizaron y conservaron a -20°C hasta su análisis.
Determinación del progreso de la infección. Se utilizó la escala de daño propuesta por Gottwald *et al*. (2007). El cálculo del porcentaje de incidencia por árbol se determinó mediante la fórmula de Shokrollah *et al*. (2011).
Eficiencia fotosintética. Se midió la eficiencia máxima del fotosistema II (fv/fm) de las hojas de lima Persa sanas y enfermas con un fluorómetro portátil OS30p (Opti-Sciences®).
Volumen de dosel y área de sección transversal (TCSA). Se midió el diámetro de tallo, la altura y el diámetro del dosel. Los cálculos del volumen del dosel y TCSA se realizaron con las fórmulas de Kwakye *et al*. (2022).
Cuantificación de almidón. Se basó en la metodología propuesta por Flores de la Rosa *et al*. (2021). Se generó una curva de calibración estándar con almidón puro de arroz; las cuantificaciones se realizaron mediante espectrofotometría a 594 nm.
Cuantificación de clorofila. Se utilizó la metodología reportada por Das *et al*. (2019). Se midió la absorbancia a los 645 y 633 nm; la cuantificación se realizó con las fórmulas planteadas por Arnon, (1949).
Determinación del contenido de H_2O_2 (ROS). Se midió espectrofotométricamente de acuerdo con Velikova *et al*. (2000). La absorbancia del sobrenadante se leyó a 390 nm. El contenido de H_2O_2 se cuantificó mediante una curva estándar.
Análisis de datos. Para todas las variables de estudio se verificaron los supuestos de normalidad, curtosis, homogeneidad de varianza e independencia. Se utilizó la transformación Box-Cox. Las mediciones repetidas en el tiempo se modelaron en RStudio. Se realizaron ANOVAs para determinar el efecto significativo de las diferencias entre los tratamientos mediante la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Resultados y discusión
Se determinó el crecimiento acumulado desde el inicio hasta el final del experimento (TF - T0). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en altura, volumen de dosel, diámetro del tallo ni en el área seccional del tallo (TCSA) (Figura 1A-D).

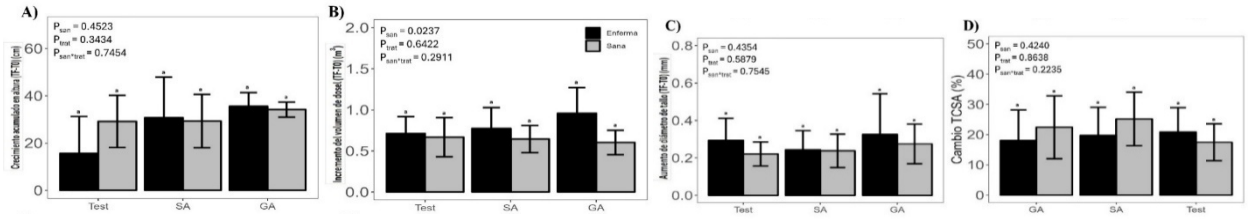


Figura 1. Efecto de tratamientos hormonales sobre variables de crecimiento en plantas de lima Persa sanas y enfermas con HLB. A) Crecimiento acumulado en altura, B) Volumen de dosel, C) Diámetro de tallo y D) TCSA.

La severidad de síntomas foliares fue similar entre tratamientos, tanto al inicio como al final del experimento. Sin embargo, se registró una disminución significativa de los síntomas entre los dos tiempos de evaluación, incluyendo en el tratamiento testigo, lo cual sugiere un posible efecto positivo de la fertilización general sobre la condición de las plantas (Figura 2A). La eficiencia fotosintética no mostró diferencias significativas entre tratamientos ni entre tiempos de evaluación (Figura 2B). En cuanto al contenido de clorofila, las plantas sanas mostraron una ligera disminución al final del experimento, mientras que las plantas enfermas presentaron una tendencia opuesta, con una mayor concentración de clorofila al final del periodo experimental (Figura 2C). El fenotipo clorótico es característico de la infección por *C*Las en plantas enfermas de HLB (Pitino *et al*., 2018).
No se observaron efectos claros de los tratamientos sobre la concentración de peróxidos al final del experimento. Sin embargo, al inicio del mismo, las plantas enfermas presentaron niveles significativamente más altos de peróxidos en comparación con las sanas. Al final del experimento, estas diferencias desaparecieron, y de forma contraria a lo esperado, se observó un incremento en el contenido de peróxidos en plantas sanas (Figura 3A). Respecto al contenido de almidón, se detectó un ligero incremento entre el tiempo inicial y final en plantas tratadas con ácido salicílico (SA), mientras que se observó una tendencia contraria con la aplicación de ácido giberélico (GA) (Figura 3B). Se cree que la acumulación masiva de almidón es la principal causa de los síntomas del HLB. Sin embargo, se desconoce el mecanismo molecular por el cual la bacteria induce la acumulación de almidón en las plantas hospedantes (Pitino *et al*., 2018). Estos resultados concuerdan con la hipótesis de que la acumulación

de almidón provoca la degradación de la integridad de los tilacoides y los cloroplastos, causando clorosis, síntoma característico del HLB.

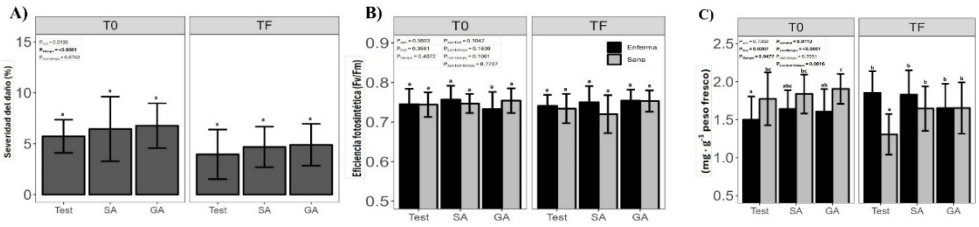


Figura 2. Tratamientos hormonales y variables de crecimiento en plantas de lima persa sanas y enfermas con HLB. A) Porcentaje de severidad de síntomas, B) eficiencia fotosintética, C) contenido de clorofila.

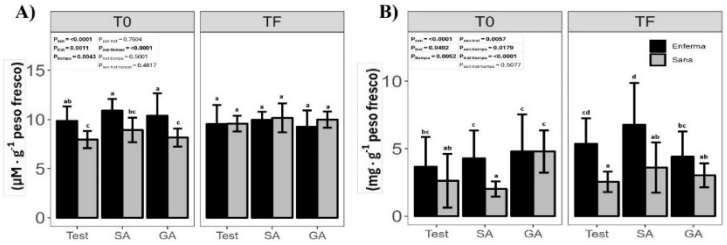


Figura 3. Tratamientos hormonales y contenido de A) peróxidos y B) almidón en hojas de lima persa sanas y enfermas con HLB.

Conclusiones

Posiblemente por la duración del experimento, los resultados obtenidos muestran que no se encontró un efecto claro de los tratamientos hormonales sobre todas las variables evaluadas. Sin embargo, se detectó una ligera disminución del contenido de almidón en plantas tratadas con ácido giberélico.

Referencias bibliográficas

Flores de la R. F., Santillan R., Rodríguez Q. C., Martínez R. A., Adame J. and Luna R. M. 2021. Antioxidant gene expression, chlorophyll, and starch content in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) trees with HLB by application of elicitors of plant resistance. Mexican Journal of Biotechnology 6:86-102. 10.29267/mxjb.2021.6.2.86.

Liu Y., Fang Y., Huang M., Jin, Y., Sun, J., Tao X., *et al*. 2015. Uniconazole-induced starch accumulation in the bioenergy crop duckweed (*Landoltia punctata*) II: transcriptome alterations of pathways involved in carbohydrate metabolism and endogenous hormone crosstalk. Biotechnol. Biofuels 8:64. doi: 10.1186/s13068-015-0245-8.

Pitino M., Allen V. and Duan Y. 2018. LasΔ5315 Effector induces extreme starch accumulation and chlorosis as *Ca*. Liberibacter asiaticus infection in *Nicotiana benthamiana*. Frontiers in Plant Science 9: 113 https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00113

Pitino M., Armstrong C.M., and Duan Y. 2017. Molecular mechanisms behind the accumulation of ATP and H2O2 in citrus plants in response to '*Candidatus* Liberibacter asiaticus' infection. Horticultural Research 4:17040 https://doi.org/10.1038/hortres.2017.40

Fuente financiadora

El proyecto de investigación es parte de una Estancia Posdoctoral de Incidencia en el Proyecto CONAHCYT CF-2023-G-1257.

INNOVACIÓN EN PROCESOS DE PROPAGACIÓN VEGETAL: UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN AGRÍCOLA PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PAPA EN VERACRUZ

Francisco Hernández-Quinto[1]*, Regina María Medina-Sauza[2], Daniel Alejandro García-López[3], Eusebio Zúñiga-Espinosa[4] y Emmanuel Reyes-Zapata[1]

[1]Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico Superior de Perote, carretera federal México-Perote 140, carretera federal Teziutlán-Perote 140 km 2.5, Centro, 91270, Perote, Ver.
[2]Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, calle 21 Sur 1103, Barrio de Santiago, 72410 Heroica Puebla de Zaragoza, Pue.
[3]Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real esq. Camino Cuauhtémoc, Barrio de Tetela, 73780 Cdad. de Libres, Pue.
[4]Laboratorio La Joya del Totonacapan SPR DE RL, carretera Tlapacoyan-Plan de Arroyos sin número frente al Albergue.
*Autor para correspondencia: doc-058@tsperote.edu.mx

Palabras clave: *Agricultura de pequeña escala*, *Producción sustentable*, *Gestión tecnológica*.

Introducción

El cultivo de papa en el Valle de Perote, Veracruz, enfrenta importantes desafíos relacionados con la sanidad vegetal, las condiciones climáticas cambiantes y la demanda de productos de alta calidad. El método tradicional, aunque ampliamente utilizado, presenta limitaciones en cuanto a la propagación eficiente y el control de enfermedades. En este contexto, el cultivo in vitro surge como una alternativa tecnológica capaz de ofrecer soluciones viables mediante la multiplicación clonal rápida, control sanitario y la posibilidad de implementar mejoras genéticas (George *et al.,* 2008). Esta investigación busca evaluar la efectividad del cultivo in vitro en comparación con el método tradicional, destacando sus beneficios y limitaciones, con el fin de proponer un modelo de transferencia tecnológica adaptado a las condiciones locales.

Materiales y métodos

El proyecto se desarrolló en dos etapas; una primera etapa consistió en la optimización del crecimiento de papa en cultivo *in vitro*. Posteriormente, se procedió la segunda etapa enfocada en la microtuberización para evaluar la obtención microtubérculos. La prueba de crecimiento *in vitro* de papa (*Solanum tubersum*) variedad Fianna se realizó en biorreactores de inmersión temporal (BIT) con medio Murashige & Skoog (MS), adicionado con sacarosa 30 g/L. Los tratamientos experimentales consistieron en diferentes reguladores de crecimiento: Tidiazurón (TDZ), 6-Bencilaminopurina (BAP) y meta-Topolina (mT) a una concentración de 9.54 µM y un control sin reguladores del crecimiento. Como material vegetativo para la siembra se emplearon explantes de brotes apicales desinfectados de cultivos *in vitro* previamente establecidos. El diseño experimental fue completamente al azar con 4 biorreactores por cada tratamiento y cada biorreactor fue sembrado con 10 explantes vegetales. El experimento se desarrolló dentro de un laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura 20±3°C, con ciclo luz/obscuridad de 8/16 h, respectivamente, a una intensidad de 2000 lux. La incubación se desarrolló durante 60 días; siendo al día 30 la evaluación del número de brotes por explante y al día 60 la evaluación de la altura de explantes. Los datos se analizaron mediante prueba de Análisis de Varianza ($p<0.05$) y las diferencias significativas se resolvieron mediante una prueba de rangos múltiples de Duncan ($p<0.05$). Para la segunda etapa de microtuberización se utilizó el material vegetativo obtenido previamente mediante el protocolo de micropropagación. Los explantes se subcultivaron en medio MS basal sin reguladores de crecimiento, pero con 0.5 g/l de carbón activado para favorecer el desarrollo de los brotes. Las condiciones de incubación fueron temperatura de 10±3°C, con ciclo luz/obscuridad de 8/16 h, respectivamente; a una intensidad de 1000 lux (Figura 1).

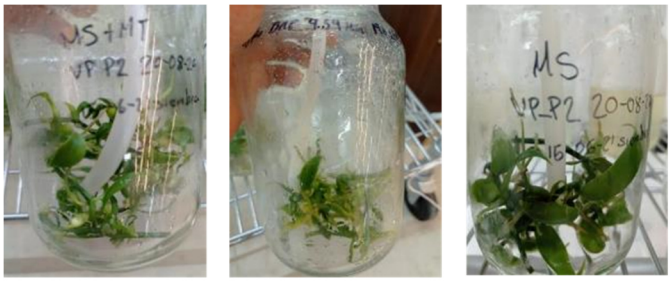


Figura 1. Brotes nuevos obtenidos con los regulares A) Tidiazurón (TDZ); B) 6-Bencilaminopurina (BAP); C) Control.

Resultados y discusión

Los resultados de la siembra en BIT mostraron diferencias significativas en la formación de brotes de explantes de papa variedad Fianna. El tratamiento con BAP promovió un mayor número de brotes por explante con un promedio de 11.3 brotes por explante. El tratamiento mT fue el segundo más efectivo con nueve brotes por explante, seguido por el tratamiento TDZ con cinco brotes por explante; finalmente, el control sin reguladores mostró el menor promedio con 2.7 de brotes por explante. Estas diferencias mostraron ser significativas mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan ($p<0.05$). El uso de 6-Bencilaminopurina (BAP) en el medio de cultivo MS resultó ser el tratamiento más efectivo para la producción de brotes en los BIT, lo que lo posiciona como el regulador de crecimiento ideal para optimizar la propagación in vitro de papa. Por su parte, el desarrollo de los explantes vegetales se extendió hasta el día 60 para evaluar las alturas alcanzadas por las plantas en cada tratamiento. La mayor altura de explantes se observó en el tratamiento mT con un promedio de 18 cm alcanzados, seguido del tratamiento BAP con 10 cm y del tratamiento control con 7 cm; finalmente, el tratamiento con la menor altura alcanzada fue TDZ con 2 cm (aunque continúa generando brotes nuevos). Se observó que la meta-topolina (mT) generó la mayor altura en las plantas. Por su parte, durante la etapa de microtuberización, se registró la formación de microtubérculos en las axilas de las hojas y en la base del tallo, con un peso promedio de 120 mg y un diámetro de 6.00 x 4.00 mm. El estudio comparativo entre el cultivo tradicional y el cultivo *in vitro* de papa en el Valle de Perote revela diferencias significativas en términos de rendimiento, control ambiental y resistencia a plagas (Espinoza y Miranda, 2020). Los datos obtenidos y analizados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos hormonales aplicados para la multiplicación de brotes (Murashige y Skoog, 1962). En los tres ensayos realizados, los explantes cultivados en medio enriquecido con BA 9.54 µM obtuvieron la mayor cantidad de brotes: - Ensayo 1: Promedio de 5.45 brotes/explante con BA; seguido de 4.56 con tidiazurón, 3.28 con meta-topolina y 1.07 en el control. - Ensayo 2: Meta-topolina (13.59), BA (10.68), tidiazurón (6.82) y control (1.98). - Ensayo 3: BA (17.89), meta-topolina (10.1), tidiazurón (3.5) y control (5.0). - Promedio general: BA (11.3), meta-topolina (9.0), tidiazurón (5.0) y control (2.7) (Figura 2).

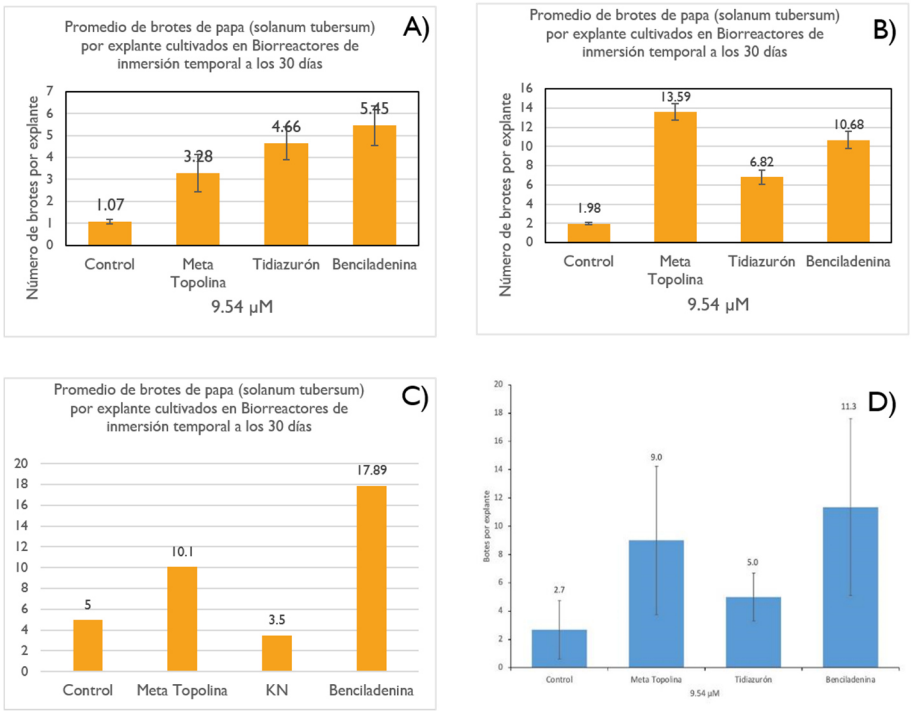


Figura 2. Resultados obtenidos de brotes de papa por explante obtenidos a partir de su cultivado en Biorreactores de inmersión temporal a los 30 días. A) Primer ensayo; B) Segundo ensayo; C) Tercer ensayo; D) Promedios de los tres ensayos realizados.

Conclusiones

El mejor tratamiento experimental fue el medio enriquecido con 6-Bencilaminopurina (BAP) a una concentración de 9.54 µM, ya que resultó en la mayor formación de brotes por explante, con un promedio de 11.3 brotes en los ensayos realizados. Además, este tratamiento también mostró un crecimiento significativo en altura de las plantas, alcanzando 10 cm. La microtuberización permitió la producción de microtubérculos de alta calidad, libres de patógenos, con características óptimas para su uso como semilla prebásica. Se registró un total de 35 microtubérculos con un peso promedio de 120 mg y un diámetro de 6.00 x 4.00 mm, lo que demuestra la eficacia del protocolo desarrollado. Este método es una alternativa eficiente para garantizar la sanidad y productividad del cultivo de papa, ofreciendo a los agricultores material vegetativo de calidad que puede incrementar los rendimientos y reducir los costos asociados al manejo de insumos agrícolas.

Referencias bibliográficas

Espinoza, C. y Miranda, J. 2020. Manual de micropropagación de cultivos andinos: papa, oca, mashua y olluco. Centro Internacional de la Papa (CIP).
George, E. F., Hall, M. A. and De Klerk, G. J. 2008. Plant propagation by tissue culture (3rd ed.). Springer.
Murashige, T., and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15(3):473-497.

Agradecimientos y Fuente financiadora

Los autores agradecen al Laboratorio La Joya del Totonacapan por las facilidades para realizar la experimentación y al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento otorgado.

FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO GRAL. HELIODORO CASTILLO, GUERRERO

Martín Solis-Martínez[1*], José Manuel Hernández-Salgado[1], Juan Antonio Chamú-Baranda[1], José Emilio Bueno-Jáquez[1], Rubén Santos-Echeverría[2] y Eloy Canales-Sosa[1]

[1]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Av. Vicente Guerrero No. 81 Primer piso, Col. Centro, C.P. 40000, Iguala, Guerrero. México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro e Investigación Regional Golfo Centro.
Autor para correspondencia: martin.solis@csaegro.edu.mx

Palabras clave: *Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo, Cationes intercambiables.*

Introducción

Los suelos sanos son el fundamento del sistema alimentario. Nuestros suelos son la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas destinadas a la producción de alimentos. Los suelos sanos producen cultivos sanos que alimentan a las personas y a los animales. De hecho, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de alimentos. Los suelos proporcionan los nutrientes esenciales, el agua, el oxígeno y el sostén para las raíces que las plantas destinadas a la producción de alimentos necesitan para crecer y florecer. Además, cumplen la función de amortiguación al proteger las delicadas raíces de las plantas de las fluctuaciones de temperatura. El municipio General Heliodoro Castillo se encuentra enclavado en la Sierra de Guerrero, se caracteriza por ser una región con muchos recursos naturales, destacando en ellos los hidrológicos y sus suelos fértiles. El tener una buena fertilidad del suelo es muy importante para tener un buen crecimiento de las plantas y es definida como el potencial que tiene un suelo para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen desarrollo y rendimiento de los cultivos. En el presente trabajo se realizó un diagnóstico sobre la fertilidad que guardan los suelos agrícolas de la Sierra de Guerrero, debido a que hay pocos antecedentes, por lo que resulta necesario identificar los índices de calidad de los suelos de la región en cuestión, que sirvan como apoyo a los productores y mejoren el manejo de los cultivos, proporcionando las dosis óptimas de fertilizante a los cultivos. El objetivo fue determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas del municipio Gral. Heliodoro Castillo, Guerrero.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en diferentes comunidades que conforman el municipio General Heliodoro Castillo, enclavado en la región Sierra del estado de Guerrero, con altitudes que van de los 300 a los 3,600 m. Este municipio abarca el 2.68% de la superficie del estado, tiene 313 comunidades y una población de 34,554 habitantes (INEGI, 2010). Los suelos predominantes en el municipio son: Regosol, Luvisol, Phaeozem, Leptosol, Cambisol, Umbrisol, Acrisol y Fluvisol. El uso del suelo es principalmente bosque (49.29%), selva (34.94%), agricultura (11.36%), pastizal (3.81%) y zona urbana (0.13%). Se colectaron 26 muestras compuestas de suelo, utilizando el método del zig-zag a una profundidad de 30 cm en cultivos anuales y a 3 profundidades en frutales, de 0-20 cm, de 20-40 cm y de 40-60 cm (Cuadro 1). Para poder obtener una muestra compuesta se colectaron submuestras en los terrenos y se depositaron en una cubeta, se mezclaron bien para homogenizarlas, posteriormente, se colocaron en una costalilla y mediante el método del cuarteo se formó una muestra compuesta de aproximadamente 2 kg, se colocaron en bolsas de polietileno, se etiquetaron y fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos, donde se depositaron sobre papel periódico para su secado a la sombra. Los análisis físicos y químicos se realizaron de acuerdo con las metodologías propuestas en la NOM-021-RECNAT-2000 (2001). El análisis de las muestras de suelo se realizó en los Laboratorios de Suelos y Química Ambiental del Centro de Estudios Profesionales (CEP) del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), ubicado en el kilómetro 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, a una altitud de 640 m. Para conocer la asociación entre algunas propiedades físico-químicas de los suelos analizados, se realizó un análisis de correlación lineal simple.

Cuadro 1. Sitios de muestreo de los suelos del municipio General Heliodoro Castillo, Guerrero.

Muestra	Profundidad (cm)	Lugar	Cultivo
1	0-20	Corralitos	Pera
2	20-40	Corralitos	Pera
3	40-60	Corralitos	Pera
4	0-20	Corralitos	Durazno
5	20-40	Corralitos	Durazno
6	40-60	Corralitos	Durazno
7	0-20	Verde Rico	Aguacate
8	20-40	Verde Rico	Aguacate
9	40-60	Verde Rico	Aguacate
10	0-20	Huautla	Mango
11	20-40	Huautla	Mango
12	40-60	Huautla	Mango
13	0-30	Huautla	Sandía
14	0-30	Tepehuajes	Maíz
15	0-30	Las Piñas	Maíz
16	0-30	Ocotes	Frijol
17	0-30	Los Ranchos	Maíz
18	0-20	Chapultepec	Mango
19	20-40	Chapultepec	Mango
20	40-60	Chapultepec	Mango
21	0-20	Chapultepec	Mamey
22	20-40	Chapultepec	Mamey
23	40-60	Chapultepec	Mamey
24	0-20	Chapultepec	Plátano
25	20-40	Chapultepec	Plátano
26	40-60	Chapultepec	Plátano

Resultados y discusión

Los resultados presentan variación en textura, ya que fueron colectados en diferentes zonas de la región; del total de los suelos analizados, 38% tienen una textura migajón arcillo arenosa, 19% migajón arcilloso, 15% arcilla, 12% arcillo limosa, 8% migajón arcillo limosa y 8% franca. Aranda (2021), en un estudio de suelos realizado en el municipio General Heliodoro Castillo y Silva (2021), en los suelos de los municipios de Tecoanapa y Ayutla de los Libres, Guerrero, reportan texturas muy semejantes con las obtenidas en el presente estudio. Los valores de la densidad aparente se encuentran en un rango de 0.73 a 1.19 g/cm^3, al respecto, Silva (2022) y López (2021), presentan valores semejantes a los obtenidos en el presente trabajo de investigación. El color de los suelos es muy variable, predominando los colores marrón y gris con diferentes purezas e intensidades, tanto en seco como en húmedo, datos que coinciden con los presentados por Sierra (2021) y Silva (2022). Con relación a las propiedades químicas de los suelos en estudio, el 38% presentan un pH moderadamente ácido, el 31% moderadamente alcalino, el 27% neutro y el 4% fuertemente ácido, sin problemas de salinidad, estos valores son semejantes a los reportados por Aranda (2021). Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno total y carbono orgánico van de muy altos a medios, siendo indicadores de calidad de los suelos al aportar nutrimentos para los diferentes cultivos y un reservorio importante de carbono. Aranda (2021) y Silva (2022) reportan valores similares a los detectados en este estudio. Más del 60% de los suelos analizados presentan concentraciones bajas de fósforo, por lo que deberá ponerse especial atención en el suministro de este nutrimento para que los cultivos tengan un crecimiento y desarrollo adecuados. Con relación a los cationes intercambiables, más del 90% de los suelos contienen niveles altos de calcio, coincidiendo con los datos mostrados por Aranda (2021) y Silva (2022); mientras que, la concentración de magnesio resultó baja, en aproximadamente el 40% de las muestras de suelo analizadas. Respecto al contenido de potasio, el 85% de los suelos presentan concentraciones de medias a altas, resultando también un indicador de calidad por la suficiencia del elemento en el suelo y su importancia en la nutrición de los cultivos. El análisis de correlación lineal simple, entre algunas propiedades de los suelos, mostró asociaciones importantes entre el pH y el calcio, la materia orgánica y el fósforo, y el calcio con el potasio. De manera general, los suelos de las diferentes localidades del municipio General Heliodoro Castillo presentan propiedades físicas y químicas adecuadas para el establecimiento de los diversos cultivos; sin embargo, es

importante poner atención en aquellos suelos que presentan deficiencias de algunos nutrimentos para evitar que esto provoque disminución en los rendimientos.

Conclusiones

La textura de los suelos analizados en su mayoría son migajón arcillo arenosa y migajón arcilloso. Los colores de los suelos son marrón y gris, con diferentes purezas e intensidades. La mayoría de los suelos presentan un pH moderadamente ácido y moderadamente alcalino, sin problemas de salinidad. La materia orgánica, el nitrógeno total y el calcio muestran concentraciones altas y muy altas. El potasio y el carbono presentan niveles medios. El fósforo y magnesio tienen niveles bajos y muy bajos. Algunas propiedades físicas y químicas de los suelos estudiados muestran un alto grado de asociación. Importante resulta atender las parcelas donde se detectaron concentraciones bajas de nutrimentos y de materia orgánica, principalmente.

Referencias bibliográficas

Aranda, H. L. 2021. Diagnóstico nutrimental de los suelos agrícolas del municipio General Heliodoro Castillo, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos General Heliodoro Castillo, Guerrero. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/12/12032.pdf

López, C. B. 2021. Propiedades fisicoquímicas de los suelos agrícolas de Tetipac, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

Sierra, S. M. 2021. Indicadores de calidad de los suelos agrícolas de Tecoanapa y Ayutla de los Libres, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

Silva, S. R. 2022. Diagnóstico nutrimental de los suelos agrícolas de Chilapa de Álvarez, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

V-540 NUEVA VARIEDAD DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

Mauro Sierra-Macias[1*], Clara Ríos-Isidro[1], Noel Orlando Gómez-Montiel[2] y Sabel Barrón-Freyre[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, km 34 carretera Veracruz- Córdoba CP 94270 Medellín de Bravo, Ver.;
[2]INIFAP, Campo Experimental Iguala, km 2.5 carretera Iguala-Tuxpan, Col. Centro, Iguala de la Independencia Guerrero CP 40000.
[3]INIFAP, Campo Experimental Huimanguillo, km 1 carretera Humanguiilo-Cárdenas Col. Centro, CP 86400 Huimanguillo, Tab.
*Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Caracterización, Método de selección, Forraje verde.*

Introducción

En la región tropical de México, durante 2022, se sembraron 2.8 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón se ubican en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad, y 91 mil hectáreas se siembran bajo condiciones de riego; en esta zona es factible el uso de semilla mejorada de híbridos, sintéticos y variedades con alto potencial de rendimiento en condiciones favorables de clima, suelo y manejo agronómico(SIAP, 2022). Las variedades sintéticas y de polinización libre de maíz ofrecen la ventaja de una mayor adaptabilidad a las condiciones climáticas, edáficas y de manejo por parte de los agricultores, y pueden ser utilizadas por varios ciclos de siembra sin afectar el rendimiento de grano ni modificar las características agronómicas (Sierra *et al.,* 2016). El mejoramiento poblacional del maíz aprovecha la porción aditiva de la varianza genética en las poblaciones de maíz y consiste en acumular genes favorables en caracteres a seleccionar; además genera como subproductos variedades de polinización libre con alto rendimiento y amplia adaptación. En este tipo de mejoramiento es importante que exista variabilidad genética y se reduzca el efecto ambiental (Reyes, 1985). La frecuencia alélica puede modificarse mediante selección, y si interviene un gran número de genes, el incremento generacional es pequeño y se pueden lograr numerosos cambios mediante selección recurrente continua (Hallauer y Miranda,1981). En la caracterización de V-540, se registraron 68 características agronómicas cuantitativas y cualitativas a través del cultivo en desarrollo descrito en el formato sugerido por SNICS (SNICS, 2014). Los objetivos de esta investigación fueron: Conocer el rendimiento y las características agronómicas de la nueva variedad de maíz V-540 para la región tropical del sureste de México y caracterizar esta variedad de acuerdo con el formato sugerido por el SNICS.

Materiales y métodos

La región tropical húmeda y subhúmeda de México comprende, de acuerdo con la clasificación climática de García (2004), al grupo climático A, correspondiente a los climas cálidos (Aw0, Aw1, Aw2, Am y Af). Esta zona abarca principalmente, las regiones costeras del Golfo de México y del Océano Pacífico. Esta región corresponde al área de influencia en la que la variedad de maíz V-540 se generó, evaluó, se promovió y se encuentran localizadas las empresas o grupos productores de semilla. El germoplasma base fue la variedad sintética de maíz VS-536, desarrollada en el Campo Experimental Cotaxtla, INIFAP y perteneciente a la raza Tuxpeño (Sierra *et al.,* 2016), a la cual se le practicaron cuatro ciclos de selección masal y un ciclo de selección recurrente de progenies S1, misma que se evaluó caracterizó y se propuso para su liberación oficial como V-540. Los experimentos se establecieron bajo un diseño bloques al azar con tres repeticiones y 20 tratamientos de las cuales 9 son variedades sintéticas experimentales; VS-536, V-537C, SINT2, SINT3, SINT4, SINT5, TS6, LPS C3 y SINT 8C; 8 cruzas varietales y los híbridos H-520, H-518 y H-567; se sembraron en parcelas de dos surcos de 5 m de largo por 80 cm de ancho en una densidad de 62,500 plantas por hectárea.

Para la caracterización, se establecieron experimentos durante los ciclos homólogos primavera verano 2023 y 2024 en parcelas de 6 surcos de 5 m de largo y 80 cm de ancho, con dos repeticiones en las que se etiquetaron 100 plantas. En estas plantas se registraron las 68 variables además de los datos de las plantas durante el desarrollo del cultivo y, al momento de la cosecha, de 40 mazorcas para su caracterización según el formato SNICS (SNICS, 2014). La variedad sintética VS 536 es la más utilizada en el sureste de México, generada por el INIFAP. Debido a sus características favorables de planta y mazorca. En los últimos cinco años, en el Campo

Experimental Cotaxtla del INIFAP, Veracruz, se ha trabajado con el método de selección masal y selección recurrente de progenies S1, el cual explota la porción aditiva de la varianza genética presente en las poblaciones de maíz. Los criterios de selección han sido: planta y mazorca baja para reducir el riesgo de acame, buena cobertura de la mazorca, buen aspecto y sanidad. La selección se realizó en dos oportunidades: 1) La primera durante la etapa fenológica de llenado de grano, marcando plantas con competencia completa que presenten características favorables y 2) Al momento de la cosecha, seleccionando las mejores mazorcas, que serán la semilla para la siembra del siguiente ciclo siembra.

Durante el desarrollo del cultivo, se registraron las características agronómicas: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, aspecto y sanidad de planta y mazorca, utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 es el mejor y 5 lo peor, plantas acamadas y mala cobertura de la mazorca. En la cosecha, se registraron las variables rendimiento de grano, materia seca y pudrición de mazorcas. En cuanto a la caracterización, se registraron 68 variables agronómicas cuantitativas y cualitativas en planta, mazorca y grano, según el formato sugerido por SNICS (SNICS, 2014). El diseño experimental fue bloques al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado para el rendimiento de grano en los siete ambientes de evaluación. Se analizaron estadísticamente y para la separación de medias, se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa con probabilidades de 0.05 y 0.01. Se obtuvieron los índices ambientales para los siete ambientes de evaluación en Veracruz y Tabasco: Cotaxtla 2022B, Carrillo 2023A, Huimanguillo 2023A, Carrillo 2023B, Carrillo 2024A, San Bartolo Tuxtepec, Oax., 2024A y Huimanguillo 2024A.

Resultados y discusión

En cuanto al rendimiento de grano, en ciclos primavera verano bajo condiciones de temporal, como otoño invierno en condiciones de tonalmil, se encontró que la nueva variedad sintética de maíz V-540, registró 6.86 t/ha de grano, 18% más en relación con el testigo la variedad V-537C. En cuanto a la producción de forraje VS-540 registró un rendimiento medio a través de cinco ambientes de evaluación de 41.83 t/ha de forraje verde para la Variedad V-540, 14% más en relación con el testigo la variedad V-537C (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de grano y forraje t/ha de V-540 y V-537C.

	Rendimiento de grano t/ha		Rendimiento de forraje verde t/ha	
Ambiente	V-540	V-537C	V-540	V-537C
Cotaxtla 2022B	5.63	5.04		
Carrillo 2023A	5.38	5.08	38.31	40.87
Huimanguillo 2023A	4.65	4.94		
Carrillo 2023B	7.60	8.20	51.83	43.20
Carrillo 2024A	9.15	6.06	51.63	34.73
San Bartolo 2024A	8.75	5.52	45.87	40.00
Valle Nacional 2024A			21.5	24.0
Promedio	6.86	5.81	41.83	36.56
Relativo (%)	118	100	114	100

V-540 presenta altura de planta y de mazorca intermedia con 232 y 132 cm para cada variable, respectivamente, V-540, presenta relación altura de mazorca/altura de planta de 0.56, es decir, prácticamente a la mitad, ciclo biológico intermedio con 52 a 54 días a la floración, 80 a 90 días a la madurez fisiológica y 120 días de la siembra a cosecha durante el ciclo primavera verano, presenta buena cobertura de la mazorca, con buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, presenta mazorcas con 14 hileras regulares, de forma cilíndrica, sanas con grano de color blanco crema y textura dentada (Cuadro 2, Figura 1).

Cuadro 2. Características agronómicas de planta y mazorca de variedad V-540.

Genealogía	Días a flor	Alt pl	Alt mz	Asp pl	Asp mz	San pl	San mz	% cob	% Pod	Alt mz/ Alt pl
V-540	52	232	132	2.5	2.7	1.7	2.5	4.78	3.98	0.56
V-537 C	52	225	115	2.3	2.8	2.5	2.5	5.87	6.98	0.51

Figura 1. Características agronómicas de planta y de mazorca de la variedad V-540.

V-540 se recomienda sembrar en altitudes que van de 0 a 1200 msnm en climas cálido húmedo y subhúmedo en condiciones de temporal, humedad residual (Tonalmil) y bajo condiciones de riego en el sureste mexicano

Conclusiones

Por su rendimiento de grano y forraje y características agronómicas en planta y mazorca a través de los siete ambientes de evaluación, la nueva variedad de maíz para el trópico húmedo V-540 obtuvo el número de registro definitivo del SNICS: MAZ-2675-310325.

Referencias bibliográficas

Hallauer A., R. and J. B Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press.
Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. 460 p.
SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas Producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SADER). http//www.gob.mx/siap/acciones y programas de producción agrícola. (Consultado el 31 de julio de 2023).
SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2014. Manual gráfico para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). México D.F. 39 p.
Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., A. Palafox, C., A. Espinosa, C. 2016. Adopción e impacto de la variedad VS-536 en la región tropical del sureste de México. Revista de Desarrollo Económico 3(9):32-40

GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PROSPECTOS PARA LA CUENCA BAJA DEL PAPALOAPAN BAJO CONDICIONES DE HUMEDAD RESIDUAL

Mauro Sierra-Macías[1]*, Clara Ríos-Isidro[1], Noel Orlando Gómez-Montiel[2], Reyna Michelle Fierro-López[3], Arturo Guiris-Guzmán[4], José Manuel Almendras-León[4], Sergio Rodríguez-Roy[3], Roberto Panuncio Mora-Solis[3] y Rubén Onofre Aguirre-Alonso[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla km 34 carretera Veracruz- Córdoba CP 94270 Medellín de Bravo, Ver.
[2]INIFAP, Campo Experimental Iguala, km 2.5 carretera Iguala-Tuxpan, Col. Centro, Iguala de la Independencia Guerrero CP 40000
[3]Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, San Bartolo Tuxtepec, Oax.
[4]CBTA 84 Carlos A. Carrillo, Ver., Av. Ferrocarril, Colonia La Granja. CP. 95342
*Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Heterosis, Semilla, Maíz, Trópico*.

Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, su superficie sembrada y generar el 36% del valor de la producción agrícola. Durante 2022, fueron sembradas 7.474 millones de hectáreas con maíz, de las cuales 6.904 millones fueron para grano, con un rendimiento medio de 3.90 t/ha una producción de 26.55 millones de toneladas y un consumo per cápita aparente de 338.10 kg; Se utilizan para el consumo directo 19.35 millones de toneladas, 33% a través de la industria harinera y 67% en la industria de la masa y la tortilla en la nixtamalización; 570 mil hectáreas para la producción de forraje con rendimiento de 30.31 t/ha de forraje verde. Durante 2022 se importaron 17.4 millones de toneladas de grano amarillo (SIAP, 2022). En la región tropical se siembran 2.8 millones de hectáreas con maíz, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 91 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego; En esta superficie, es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas con buen potencial de rendimiento bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores. En la formación de híbridos es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), buen rendimiento *per se*, tolerancia a estrés biótico y abiótico, facilidad y rentabilidad en la producción comercial de semilla (Gómez *et al.,* 2017; Sierra *et al.,* 2023). En híbridos, se aprovecha la varianza aditiva y las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz. Los híbridos varietales representan una alternativa en la producción comercial de maíz debido a la heterosis que resulta de cruzar dos variedades de polinización libre (Sierra *et al.,* 2023). Los objetivos fueron: Conocer el comportamiento agronómico de híbridos y variedades de maíz durante el ciclo otoño invierno bajo condiciones de humedad residual en la Cuenca baja del Papaloapan.

Materiales y métodos

El presente trabajo del módulo de experimento se realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 84, Leona Vicario, en el municipio de Carlos A. Carrillo Ver Avenida ferrocarril, colonia La Granja. CP. 95342 este lugar se encuentra entre las coordenadas 18°22’16” N,95°45’34.5” W y altitud de 5 m. El germoplasma utilizado fueron 20 genotipos de ellos, 8 cruzas varietales 7 sintéticos experimentales, las variedades VS-536 y V-537C y los híbridos H-520, H-518 y H-567 utilizados como testigo. Durante el ciclo otoño invierno 2022/23 se evaluaron 20 genotipos de maíz, los cuales se distribuyeron bajo un diseño de bloques completos al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de cuatro surcos de 5 m de largo, separados a 80 cm en una densidad de 62,500 plantas ha^{-1}. Las malezas fueron controladas con base en Atrazina en aplicación pre-emergente y se controlaron plagas del follaje durante el desarrollo del cultivo. Se fertilizó con la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en la etapa de amacollamiento previo al atierre. Durante el desarrollo del cultivo se registraron las variables: Días a floración masculina y femenina, Altura de planta y de mazorca, Número de plantas, Aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas, cobertura de mazorca, Al momento de la cosecha se registraron: Número de mazorcas totales y podridas, % de Materia seca, Aspecto y sanidad de mazorca y el rendimiento de grano. Se realizó un análisis de varianza y para la separación de medias se aplicó la prueba de la Diferencia Mínima

Significativa (DMS), α=0.05 y 0.01 (Reyes, 1990). Se hicieron comparaciones y pruebas de t α=0.05 y 0.01 para cruzas varietales y sus progenitores; Se calcularon los porcentajes de heterósis con respecto al mejor progenitor (Reyes, 1985), con la fórmula:

$$\%\ de\ Heterosis = \frac{\text{F1} - \text{Mejor progenitor}}{\text{Mejor progenitor}}\ x\ 100$$

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 que hace referencia al análisis de varianza para la variable del rendimiento de grano se encontró significancia estadística para la variable al 0.05 de probabilidad de error, así mismo se obtuvo un coeficiente de variación igual a 10.33% valor relativamente bajo sugiere que el manejo agronómico y los resultados obtenidos son confiables.

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano. CBTA 84 Carlos A. Carrillo, Ver., 2023A.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. Calculada	FT 0.05	FT 0.01
Bloques	2	2.5	1.25 NS	2.36	3.25	5.18
Variedades	19	18.88	0.999*	1.87	1.84	2.37
Error	38	20.38	0.53			
Total	59					

Del análisis de varianza para rendimiento de grano, se encontró un grupo de 16 genotipos de maíz sobresalientes al 0.05 de probabilidad de error; entre ellos: El híbrido varietal V-537C x VS-536, el Sintético experimental SINT TS6, los híbridos trilineales H-518, H-520, H-567 con rendimientos de 7.83, 7.74, 7.59, 7.58 y 7.56 t/ha, para cada genotipo, respectivamente. Así también, se registró un coeficiente de variación de 10.33%, valor relativamente bajo, lo que sugiere que el manejo del experimento y los resultados obtenidos son confiables. De las cruzas varietales resalta la presencia de V-537CxVS-536 un rendimiento competitivo en relación con los híbridos trilineales y el mayor porcentaje de heterosis con respecto al mejor progenitor de 14.47% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de grano de híbridos y variedades de maíz. CBTA 84 Carlos A. Carrillo 2023A.

Tratamiento	Genealogia	Rend t ha^{-1}	% Heterosis
5	V-537C X VS-536	7.83*	14.47%
11	SINT-TS6	7.74*	
19	H-518	7.59*	
17	H-520	7.58*	
18	H-567	7.56*	
13	SINT2B	7.39*	
10	SINT4B x SINT-2B	7.36*	
9	SINT-LPSC3	7.35*	
2	SINT-2BxVS-536	7.16*	
3	SINT 3BxVS-536	7.16*	12.40%
12	SINT-4B MZSL	7.12*	
6	SINT-5B XVS-536	7.00*	
7	SINT-2B X SINT-4B	7.00*	
8	SINT-5B	6.99*	
20	SINT-8C	6.95*	
15	V-537C MZ SL	6.84*	
16	VS-536 DENTADA	6.37**	
14	SINT-3B	6.20	
1	SINT-1 BQ X VS536	6.18	
4	SINT-4B X VS-536	5.83	
	PROMEDIO	7.06	
	DMS 0.05	1.20	
	DMS 0.01	1.60	

De la comparación de cruzas varietales y sus progenitores para rendimiento de grano, se encontró un valor promedio para las cruzas de 6.94 t/ha y para los progenitores de 6.82 t/ha, un valor de t calculada de 0.53 ns y un porcentaje relativo de 102% en relación con los progenitores con 100%, es decir, las cruzas rindieron en promedio 2% más que sus progenitores, estadísticamente similares (Cuadro 3). Una ventaja de la cruza varietal

es que el mantenimiento de los progenitores es relativamente más fácil por ser dos variedades de polinización libre; En la producción de semilla la siembra es simultánea en una relación hembra macho de 6:2.

Cuadro 3. Comparaciones y prueba de t de cruzamientos varietales y sus progenitores.

Comparación	Rend Prom	T Calc	% Relativo
Cruzas varietales	6.94	0.53 ns	102%
Progenitores	6.82		100%

Por lo que se refiere a las características agronómicas, los híbridos y variedades evaluados son de ciclo biológico intermedio con 57 a 63 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja con 217 a 255 cm y de 108 a 132 cm para altura de planta y mazorca, respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características de planta y mazorca en genotipos de maíz CBTA 84 Carlos A. Carrillo 2023A.

Trat.	Genealogía	Días a flor	Alt pl	Alt mz	asp pl	san pl	mz pod	Cob	asp mz	san mz
1	SINT-1 BQ X VS-536	60	176	101	2.0	2.0	0.0	1.0	1.83	1.33
2	SINT-2B X VS-536	60	196	98	2.0	2.0	0.0	2.0	1.50	1.50
3	SINT-3B X VS-536	60	169	98	2.2	2.2	0.3	3.0	1.83	1.50
4	SINT-4B X VS-536	60	205	105	1.7	1.7	0.0	2.0	1.67	1.67
5	V-537C X VS-536	60	217	120	1.5	1.5	0.0	2.0	1.50	1.33
6	SINT-5B X VS-536	60	211	118	2.0	2.2	0.0	1.3	1.50	1.50
7	SINT-2B X SINT-4B	59	180	85	2.2	2.0	0.7	2.0	1.33	1.67
8	SINT-5B	60	155	77	2.3	2.0	0.7	2.0	2.00	1.83
9	VS-536 X V-537C	59	170	88	2.8	2.5	2.0	2.0	2.67	2.50
10	SINT-4B X SINT-2B	59	186	98	2.2	2.0	1.0	1.7	1.67	1.67
11	VS-536 X SINT-5B	57	179	96	2.5	2.2	1.3	2.0	2.17	2.17
12	SINT-4B	59	178	87	2.0	2.0	0.3	2.0	2.33	2.00
13	SINT-2B	60	190	92	2.5	2.2	1.0	2.0	2.50	2.00
14	SINT-3B	60	211	103	2.0	2.0	1.0	2.0	2.50	2.17
15	V-537C	63	184	88	2.0	2.0	1.0	2.0	1.50	1.83
16	VS-536	61	192	84	2.0	1.8	0.7	2.0	1.83	1.83
17	H-520	59	174	84	1.5	1.7	0.3	2.0	1.50	1.67
18	H-567	60	188	89	1.7	1.5	0.0	2.0	1.67	1.67
19	H-518	59	154	83	1.8	1.8	0.3	2.0	1.33	1.50
20	SINT-8C	59	172	85	2.5	2.0	0.3	2.0	2.00	1.83

Trat= Tratamiento; Alt pl= Altura de planta; Alt mz= Altura de mazorca; Asp pl= Aspecto de planta; Asp mz= Aspecto de mazorca; San pl= Sanidad de planta; San mz= Sanidad de mazorca; % Cob= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; % Pod= Porcentaje de mazorcas podridas.

Conclusiones

El híbrido varietal V-537C x VS-536, representa una alternativa en la producción de maíz durante el ciclo otoño invierno en la Cuenca baja del Papaloapan. La heterósis en cruzas varietales sugieren que existe divergencia genética entre los progenitores

Referencias bibliográficas

Gómez M., N., Cantú A., M.A., Vásquez C., G., Hernández G., C.A., Espinosa C., A., Sierra M., M. *et al.* 2017. Híbrido de maíz H-568, Nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. REMEXCA 8(5):1213-1218

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Acciones y programas Producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SADER). http//www.gob.mx/siap/acciones y programas de producción agrícola. (Cons. el 31 de julio de 2023).

Reyes 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348 p.

Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. 460 p.

Sierra, M., M.; Rodríguez M., F.A.; Espinosa C., A.; Tadeo R., M.; Andrés M., P.; Gómez M., N.O. 2023. Adaptabilidad de cruzas varietales de maíz en Veracruz y Tabasco. REMEXCA 14(3):327-337

ÁCIDO FOSFOROSO COMO FUENTE DE FOSFITO PARA EL CONTROL DE ARVENSES DE HOJA ANCHA EN CAÑA DE AZÚCAR

Fernando C. Gómez-Merino[1*], Libia I. Trejo-Téllez[1], Víctor Hugo Carbajal-Vázquez[1], Jericó Jabín Bello-Bello[2] y Juan Valente Hidalgo-Contreras[2]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México, México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: fernandg@colpos.mx

Palabras clave: *Phi, Sustentabilidad, Herbicidas, Arvenses de hoja ancha.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo que ocupa cerca de 800 mil hectáreas en México, en el que inciden diversas especies de arvenses que son controladas con glifosato y otros herbicidas de síntesis química. El glifosato, considerado como el herbicida del siglo, tiene impacto eficiente en el manejo de malezas en la agricultura moderna. Sin embargo, es posible que este herbicida y sus metabolitos persistan en suelo, agua y tejidos vegetales y tengan efectos potencialmente tóxicos en el ambiente y la salud humana (Gandhi *et al.,* 2021), por lo que se están buscando alternativas sustentables que reduzcan el uso de este herbicida para el manejo de la vegetación no deseada. En el año 2020 el Gobierno de la República emitió el decreto por el que se establece la necesidad de sustituir gradualmente el uso de glifosato por alternativas sostenibles y culturalmente adecuadas, que permitan mantener la producción y resulten seguras para la salud humana, la diversidad biocultural del país y el ambiente (DOF, 2020). Como alternativa al glifosato para el control de vegetación no deseada puede ser usado el fosfito (Phi), un anión que al aplicarlo en altas concentraciones puede ocasionar toxicidad y muerte de plantas (Trejo-Téllez *et al.,* 2024). En el presente estudio se determinaron los niveles de toxicidad del Phi en malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar. Se evaluó la aplicación de Phi en tres niveles: 0, 400 y 800 mM al follaje en el control de *Ipomoea* spp. y *Melampodium* spp.

Materiales y métodos

Material vegetal. Las aplicaciones de fosfito (Phi) se hicieron en parcelas de caña de azúcar establecidas en campos experimentales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, los cuales se localizan a 18° 51’ 20” de latitud norte; 96° 51’ 37” de longitud oeste, a 654 m de altitud. Se establecieron tres lotes experimentales en los que se evaluaron diferentes concentraciones de Phi aplicadas al follaje de las malezas: 0, 400 y 800 mM. Durante el experimento, las arvenses o malezas no recibieron ningún otro tipo de manejo para su control (manual, mecánico o químico).

Variables medidas. Los daños en el follaje de las especies vegetales se fotografiaron y con ayuda del software ImageJ (Rasband *et al.,* 2018) fue posible determinar el área foliar afectada.

Diseño experimental y análisis estadísticos. El diseño utilizado fue completamente al azar. Los datos fueron procesados con ayuda del software estadístico RStudio versión 1.2.5033. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Las dosis de 400 y 800 mM de Phi resultaron extremadamente tóxicas para las malezas de hoja ancha, lo cual se puede observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Nivel de toxicidad del fosfito (Phi) en una población de arvenses con predominio de hierbas de hoja ancha (*Ipomoea* spp. y *Melampodium* spp.) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en campos experimentales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Tratamiento (Phi, mM)	Nivel de toxicidad en la población de arvenses de hoja ancha	Evidencia del nivel de toxicidad*
0	Nulo	
400	Extremadamente tóxico	
800	Extremadamente tóxico	

*Evidencia de toxicidad documentada a las 48 horas después de aplicados los tratamientos.

Los daños del Phi fueron evidentes 24 horas después de hacer la aplicación de los tratamientos. En la totalidad del vástago de las plantas, los efectos tóxicos fueron muy notorios y las especies vegetales no se recuperaron al transcurrir las semanas de la aplicación. El área foliar y la población tuvieron un control del 100% a 400 y a 800 mM Phi (Cuadro 2). Esta excelente eficiencia indica que el fosfito tiene un gran potencial para el control de arvenses de hoja ancha presentes en el cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 2. Variables de crecimiento afectadas por la aplicación de fosfito (Phi) en vegetación no deseada de hoja ancha (*Ipomoea* spp. y *Melampodium* spp.) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en campos experimentales del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.

Tratamiento (Phi, mM)	Área foliar afectada (%)	Población controlada (%)
0	0.00 b	0.00 b
400	100.00 a	100.00 a
800	100.00 a	100.00 a

*Datos documentado a las 48 horas después de aplicados los tratamientos. Medias con letras distintas para cada variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

El cultivo de caña de azúcar se encontraba en fase de cosecha, y no presento daños con ninguna de las dosis de aplicadas de Phi. Queda por evaluar su efecto desde la siembra y en las primeras etapas de su desarrollo.

Conclusiones

Se comprobó que el Phi es eficiente para el control de hierbas de hoja ancha de los géneros *Ipomoea* y *Melampodium* que se encuentran como vegetación no deseada en el cultivo de caña de azúcar. Dado que existió

una eficacia de 100% en el control desde los 400 mM Phi aplicados, será necesario probar niveles más bajos con fines de reducir costos por insumos y aplicación. De forma importante se encontró que el Phi no fue fitotóxico para caña de azúcar en ninguna de las dosis probadas. Desde un punto de vista técnico, se recomienda el uso de Phi en dosis de 400 mM para el control de diversas especies de arvenses de hoja ancha.

Referencias bibliográficas

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2023. Decreto por el que se establecen diversas acciones en materia de glifosato y maíz genéticamente modificado, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; Estados Unidos Mexicanos; DOF 13/02/2023. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020#gsc.tab=0.

Gandhi K., S. Khan, M. Patrikar, A. Markad, N. Kumar, A. Choudhari *et al.* 2021. Exposure risk and environmental impacts of glyphosate: Highlights on the toxicity of herbicide co-formulants. Environmental Challenges 4:100149. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100149.

Rasband, W. S. 2018. Image J. US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. https://imagej.net/ij/.

Trejo, T. L. I., V.H. Carbajal V., J. Lavín C. and F. C. Gómez M. 2024. Phosphite as a sustainable and versatile alternative for biostimulation, biocontrol, and weed management in modern agriculture. Processes 12(12):2764. https://doi.org/10.3390/pr12122764

PROPAGACIÓN DE *Clinopodium mexicanum* UNA PLANTA ANSIOLÍTICA

Miriam Sánchez-Alberto[1], Aarón Comunidad-Villa[1], Minerva Rosas-Morales[2], y Ada María Ríos-Cortés[2*]

[1]Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera a Acuaco Zacapoaxtla km 8 Totoltepec, 73680 Zacapoaxtla, Puebla.
[2]Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal, km 1.5, 90700 Santa Inés Tecuexcomac, Tlaxcala.
*Autor para correspondencia: arios@ipn.mx

Palabras clave: *Cultivo in vitro y ex situ, Fitohormonas, Flavonoides*.

Introducción

Los constantes cambios sociales han propiciado el aumento en la tasa mundial de casos con enfermedades como trastornos del sueño, ansiedad, depresión y estrés, principalmente en mujeres, adultos jóvenes e individuos con enfermedades crónicas, para el tratamiento de estas enfermedades se requiere de medicamentos costosos o que provocan efectos secundarios (Gómez-Serranillos, 2023), por lo que las personas optan por el uso de plantas medicinales aromáticas (PAM) dada su fácil accesibilidad y bajo costo, en comparación con los medicamentos modernos (AGROVOC, 2023). Esto ha generado una alta demanda de principios activos con actividad ansiolítica por parte de las industrias farmacéuticas (Atanasov *et al*., 2021), propiciado la extracción masiva de PAM de su ambiente natural, causando una pérdida importante de las poblaciones silvestres (Antonelli *et al*., 2020). *Clinopodium mexicanum* es una PAM con propiedades ansiolíticas, conocida como poleo verde de la familia *Lamiaceae* (Martínez-Gordillo *et al*., 2017), posee metabolitos secundarios de tipo flavonoide, destacando la presencia de la neoponcirina (NEO) que en dosis pequeñas tiene efectos ansiolíticos similares al diazepam (Cassani *et al*., 2013; Estrada-Reyes, 2015). Sus efectos ansiolíticos han sido probados en ratones, demostrado que el extracto de hojas de *C. mexicanum* tiene efectos en el SNC y el sistema gabaérgico (Estrada-Reyes *et al*., 2014), su uso e importancia en la medicina tradicional, ha orillado a los investigadores a buscar alternativas para su propagación, uno de estos métodos ha sido a través de la germinación de semillas, contribuyendo al conocimiento del cultivo de esta especie medicinal (Silva-Castellanos, 2019). Sin embargo, se desconocen los métodos de propagación asexual empleados para su conservación, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo realizar la propagación asexual *in vitro* y *ex situ* de *C. mexicanum*, como herramientas para la reproducción masiva de esta planta de interés médico.

Materiales y métodos

Para el cultivo *in vitro*, primero se colectó la planta madre para su acondicionamiento en el invernadero del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) campus Tlaxcala. Se preparó un medio nutritivo con medio MS (Murashige y Skoog, 1962), L-Cisteína, sacarosa, PVPP y phytagel con una concentración inicial del 50%. Para el establecimiento del cultivo aséptico de explanes nodales, se utilizaron tres tratamientos de desinfección usando NaClO en concentraciones de 15% y 20% por 5 minutos y etanol al 70% por 30 segundos, empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA) usando 10 repeticiones por tratamiento, finalmente, cada explante fue depositado en un tarro de vidrio con medio nutritivo al 50% e incubados bajo condiciones de fotoperiodo de 16hrs. Luz / 8hrs. Obscuridad, a una temperatura de 23C° para su monitoreo. Los datos obtenidos se midieron mediante el porcentaje de contaminación, con el fin de determinar el mejor tratamiento de desinfección. Transcurridos 17 días, se inició la multiplicación en medio al 50% complementado con tres combinaciones de diferentes concentraciones de dos fitohormonas: Ácido naftanalenacetico (ANA) y 6-benzilaminopurina (BAP), con un DCA usando 10 repeticiones por tratamiento. A cada plántula se le realizaron cortes de los brotes con un tamaño de 2 nodos y depositándolos en medio al 50% y el tratamiento de fitohormonas correspondiente, los tarros se incubaron bajo las condiciones controladas antes mencionadas. Para el análisis de los datos se usó una prueba no paramétrica de kruskal-wallis en el software SAS® con un nivel de significancia de α=0.05 y una prueba de Dunn.

Para la propagación *ex situ* por esquejes, con ayuda de una tijera de podar se tomaron esquejes semileñosos de tres nodos foliares semileñosos sumergiéndolos en una solución de enraizador Rutex 1g/L por 10 segundos, finalmente estos se sembraron en cada sustrato (espuma fenólica / suelo y perlita agrícola). Para el análisis de los datos se usó una prueba no paramétrica de kruskal-wallis en el software SAS® con un nivel de significancia de α=0.05 y una prueba de Dunn.

Por otro lado para la cuantificación de flavonoides por espectrofotometría, primero se prepararon las muestras para los extractos de las plántulas obtenidas en la multiplicación *in vitro* y la propagación por esquejes usando como disolvente etanol al 70%, cada muestra se sometió a un baño ultrasónico por 30 minutos y por centrifugación a 5, 000 rmp por 5 minutos, recuperando los sobrenadantes, dicho proceso se repitió por 4 ciclos, finalmente se realizó un concentrado del sobrenadante en un rotavapor con el fin de eliminar el disolvente del extracto, y con ello obtener un producto más concentrado y puro de la muestra. Para obtener la curva de calibración se preparó una solución de quercetina con la que se prepararon diluciones de 10, 17.5, 35, 50, 70 y 90 µL/ml QE, aforando a 1 ml con etanol al 80%. Para la cuantificación de los flavonoides de cada extracto, se hicieron diluciones con 20 µL de acetato de potasio a 1M+ 20 µL de nitrato de aluminio 10% + 10 µL del extracto de cada muestra, aforando a 1 ml con etanol al 80%, reposando por 40 minutos. Finalmente, de cada dilución se tomaron 200 µL depositándolos en los pocillos de una microplaca, la cual se midió en el espectrofotómetro de microplacas a una longitud de 415 nm.

Resultados y discusión

Para seleccionar el mejor tratamiento de desinfección y establecimiento del *cultivo in vitro*, se evaluó el porcentaje de contaminación (%C) de cada tratamiento, los resultados más favorables para la desinfección de explantes de *Clinopodium mexicanum* y el establecimiento *in vitro*, correspondieron al tratamiento T2 (Etanol al 70% e hipoclorito de sodio al 20%) con un porcentaje de contaminación de 10%. Esto gracias a la acción microbicida rápida de la combinación del etanol y el NaClO, penetrando las paredes y membranas bacterianas, su baja toxicidad y bajo costo los convierten en desinfectantes ideales para el cultivo *in vitro* de tejidos vegetales permitiendo reducir los costos de dicha técnica como se muestra en el cuadro 1(Gaviola *et al*., 2021; Muñoz-Castellanos *et al*., 2025).

Cuadro 1: Evaluación de tratamientos de desinfección de explantes en Clinopodium mexicanum.

N° de tratamiento	Porcentaje de contaminación (%C)
T1	%C= 40%
T2	%C= 10%
T3	%C= 30%

Cuadro 2: Efecto de las concentraciones de reguladores de crecimiento ANA y BAP (mg·L) durante la multiplicación de *Clinopodium mexicanum* in vitro.

Tratamiento	Nb	Nn	Lp
T1	20.450 ± 31.39[a]	21.350 ± 29.03 [a]	22.950 ± 29.76[a]
T2	29.950 ± 31.39 [b]	23.900 ± 29.03 [a]	24.750 ± 29.76 [a]
T3	16.950 ± 31.39 [a]	15.750 ± 29.03 [a]	15.100 ± 29.76 [a]
T4	14.650 ± 31.39 [a]	21.000 ± 29.03 [a]	19.200 ± 29.76 [a]

Nb= Número de brotes; Nn= número de nodos; Lp= longitud de la plántula en cm. Los valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas (P ≤ 0.05), según el análisis de Kruskal-Wallis y la prueba de Dunn.

Dado que los datos obtenidos no presentaban normalidad pese a diversas transformaciones se realizaron pruebas no paramétricas, con la finalidad de determinar la mejor concentración de fitohormonas para la etapa de multiplicación, evaluando las siguientes variables. Nb, Nn y Lp con una prueba de Kruskal-Wallis, para la variable Nb (H=10.3592, 3 *d. f.* P= 0.0157) y con la prueba de Dunn se reveló que el tratamiento que tuvo un mayor efecto en la generación de brotes es el T2 (0.5 mg·^{L} de ANA y 1 mg·^{L} BAP), frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, donde se refiere que existe una relación entre la concentración de ANA y BAP en Nb, estos resultados se han corroborado en otras especies del género *Clinopodium*, teniendo un efecto significativo en la capacidad para generar brotes: *Clinopodium vulgare* (Petrova *et al*., 2023), *Clinopodium nepeta* (Vlachou *et al*., 2019), *Clinopodium odorum* (Díaz *et al*., 2012) y *Clinopodium revolotum* (Pando, 2016), la 6- benzilaminopurina inhibe la dominancia apical y participa en la división celular, así como la expansión celular, lo que contribuye a la estimulación y formación de nuevos brotes en las axilas de las hojas, (García-Ramírez *et al*., 2009), sin embargo en las variables Nn (H= 3.1228, 3 *d. f.* P= 0.3731) y Lp (H=4.6483, 3 *d. f.* P= 0.1994) con valores mayores al nivel de significancia de α=0.05, no se cuenta con evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (Cuadro 2).

Dado que los datos obtenidos de la propagación *ex situ* por esquejes no presentaban normalidad pese a diversas transformaciones se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para la variable Nb (*H*= 10.3395, 1 *d. f. P*= 0.0013) y con la prueba de Dunn se reveló que el sustrato que tuvo un mayor efecto en la generación de brotes es el T1 (espuma fenólica) rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis de investigación (existe una relación entre el tipo de sustrato en la generación de Nb de manera *ex situ*), este método de propagación también ha sido empleado en otras especies del género *Clinopodium*, *Clinopodium chilense* y *Clinopodium multiflorum* (Lartigue *et al*., 2024), el uso de la espuma fenólica resulto ser un mejor sustrato para el desarrollo y crecimiento de los esquejes en condiciones de invernadero, mitigando los efectos provocados por estrés hídrico, prolongando el tiempo de supervivencia de los esquejes mejorando el crecimiento en altura y con ello los brotes axilares (Palacios-Romero *et al*., 2017), sin embargo en las variables Nn (H= 3.0564, 1 d. f. P= 0.0804) y Le (H= 0.2743, 1 d. f. P= 0.6004) con valores mayores al nivel de significancia de α=0.05, no se cuenta con evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula aunque las medianas muestren diferencias como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Efecto del sustrato en la propagación por esquejes de Clinopodium mexicanum ex situ.

Tratamiento	Nb	Nn	Lp
T1	26.20 ± 35.45^{ab}	23.00± 28.59^{a}	19.550 ± 36.27^{a}
T2	14.80 ± 35.45^{c}	18.00 ± 28.59^{a}	21.450 ± 36.27 ^{a}

Nb= número de brotes; Nn= número de nodos; Lp= longitud de la plántula en cm. Los valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas (P ≤ 0.05), según el análisis de Kruskal-Wallis y la prueba de Dunn.

Para determinar la cuantificación de flavonoides, se utilizaron los datos obtenidos de la curva de calibración, en donde se encontró el valor ecuación de la recta y=0.0019+0.0508 y el coeficiente de correlación R^2= 0.9952. Los extractos T1FIV (Tratamiento 1 con Fitohormonas *in vitro*) con 0.264 mg QE/ml y PMSil (Planta Madre Silvestre) con 0.238 mg QE/ml mostraron mayores concentraciones de flavonoides. El uso de hormonas afecta la producción de metabolitos secundarios en ambientes controlados como el cultivo *in vitro*, actuando como elicitores (Arias-Zabala *et al*., 2009). Por su parte, las PAM en su ambiente silvestre experimentan distintos tipos de estrés por factores bióticos y abióticos, sintetizando compuestos secundarios como defensa contra dichos factores (Alami *et al*., 2024).

Conclusiones

La propagación por esquejes es sencilla y económica a corto plazo, aunque es más lento y menos eficiente para la producción a gran escala, en cambio, el cultivo *in vitro*, permite obtener plantas libres de enfermedades y con mayor uniformidad, produciendo en mayor cantidad y en menos tiempo, reduciendo los costos a largo plazo y aumentando las concentraciones de metabolitos secundarios, como los flavonoides, responsables de la actividad ansiolítica.

Referencias bibliográficas

Díaz, M.S., Palacio, L., Figueroa, A.C. y Goleniowski, M.E. (2012). *In Vitro* Propagation of Muña-Muña (*Clinopodium odorum* (Griseb.) Harley). Biotechnology Research International, 2012, 1-6. DOI: 10.1155/2012/196583

Palacios-Romero, A., Rodríguez-Laguna, R., Razo-Zárate, R., Meza-Rangel, J., Prieto-García, F. y Hernández-Flores, M.L. (2017). Espuma fenólica de célula abierta hidratada como medio para mitigar estrés hídrico en plántulas de Pinus leiophylla. Madera y bosques, 23(2), 43-52. https://doi.org/10.21829/myb.2017.232512

Pando-Tucto, L.S. (2019). Protocolos en la micropropagación de la planta medicinal “Flor de arena” (*Clinopodium revolutum*) (Ruiz & Pav.) Govaerts. (TESIS). Universidad Nacional “Hermilio Valdizan” Huànuco, Perú. Facultad de Ciencias Agrarias

Petrova, M., Dimitrova, L., Dimitrova, M., Denev, P., Teneva, D., Georgieva, A., Ozudogru, E.A., Kaya, E., Kirdok, E., Issever-Ozturk, S. (2023) Antitumor and Antioxidant Activities of *In Vitro* Cultivated and Wild-Growing *Clinopodium vulgare* L. Plants. Plants 2023, 12, 1591. https://doi.org/ 10.3390/plants12081591

Vlachou, G., Papafotiou, M., & Bertsouklis, K. F. (2019). Studies on seed germination and micropropagation of *Clinopodium nepeta*: A medicinal and aromatic plant. HortScience, 54(9), 1558-1564.

COMPORTAMIENTO DE LA SEVERIDAD DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*) EN EL SITIO EXPERIMENTAL TEOCELO DEL INIFAP, XALAPA VERACRUZ

Yanelis Avilés-Tamayo[1*], Mauricio Luna-Rodríguez[1], Carlos Roberto Cerdán-Cabrera[1] y Gabriel Díaz-Padilla[2]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, zona universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, carretera Xalapa Veracruz, km 3.5, Acueducto Animas, C.P. 91193, Xalapa, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: yavilest1985@gmail.com

Palabras clave: *Enfermedad, Hongo, Daño.*

Introducción

En México el cultivo del café es afectado por la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), lo que impacta de forma negativa en la producción. Por ejemplo, del 2013 al 2016, se redujo en un 45%, lo que equivale a 2.8 millones de sacos, afectando la economía de productores mexicanos que dependen de la venta del café (Valencia-Sandoval, 2016). Es necesario calcular los daños que ocasionan los fitopatógenos, ya sea para estimar la intensidad de dichos daños o para conocer la respuesta a las diferentes medidas de control. La incidencia como la severidad permiten evaluar una enfermedad; pero cuantificar de manera precisa del área enferma (severidad), no siempre es una tarea fácil y barata. Por lo que, el objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de la severidad de la roya del café en el sitio Experimental Teocelo del INIFAP, en Xalapa Veracruz.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el sitio Experimental Teocelo del INIFAP, ubicado en el Municipio de Teocelo, Veracruz de Ignacio de la Llave. En un campo experimental de café de la variedad Típica, de aproximadamente una hectárea, y con presencia de síntomas de roya (*Hemileia vastatrix*), se seleccionaron al azar 300 plantas (100 por cada zona: baja, media y alta) en cada parcela, siguiendo un recorrido en línea diagonal y en zigzag. La severidad de la enfermedad se evaluó con la escala utilizada por Gamarra (2015).

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar. Para el análisis de los datos se aplicó un ANOVA de clasificación simple con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). Cuando se detectaron diferencias estadísticamente significativas se efectuó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, también con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). El procesamiento estadístico se realizó con el paquete STATGRAPHICS Centurión, versión 15.2.06 (2007).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran un patrón claro en la distribución vertical del grado de severidad de la enfermedad evaluada, con valores significativamente mayores en el estrato inferior de las ramas en todas las zonas altitudinales analizadas (zona sin identificar, zona media y zona alta). Este comportamiento sugiere que la posición de las ramas dentro de la arquitectura del cafeto influye directamente en la incidencia y progresión de la enfermedad, posiblemente por las variaciones micro-ambientales que existen entre los diferentes estratos.

En las tres zonas el estrato inferior presentó el mayor grado de severidad, seguido del estrato medio y, finalmente, el estrato superior, donde la severidad fue mínima. Este patrón puede explicarse por el microclima más favorable al desarrollo del patógeno en la parte baja del dosel, caracterizado por mayor humedad relativa, menor ventilación e incidencia de radiación solar directa (Avelino *et al*., 2006). La menor exposición a la luz y la acumulación de humedad en las ramas inferiores crean un entorno propicio para la germinación de esporas y el establecimiento de infecciones, como ha sido ampliamente documentado para la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) (Camargo y Jaramillo, 2015). El gradiente de severidad entre estratos fue más marcado en la zona alta, lo que podría indicar una menor uniformidad en la ventilación y exposición solar a diferentes alturas del dosel. En contraste, en las zonas media y baja, aunque la tendencia se mantiene, la diferencia entre estratos es menos pronunciada, lo que sugiere condiciones más homogéneas a lo largo de la planta.

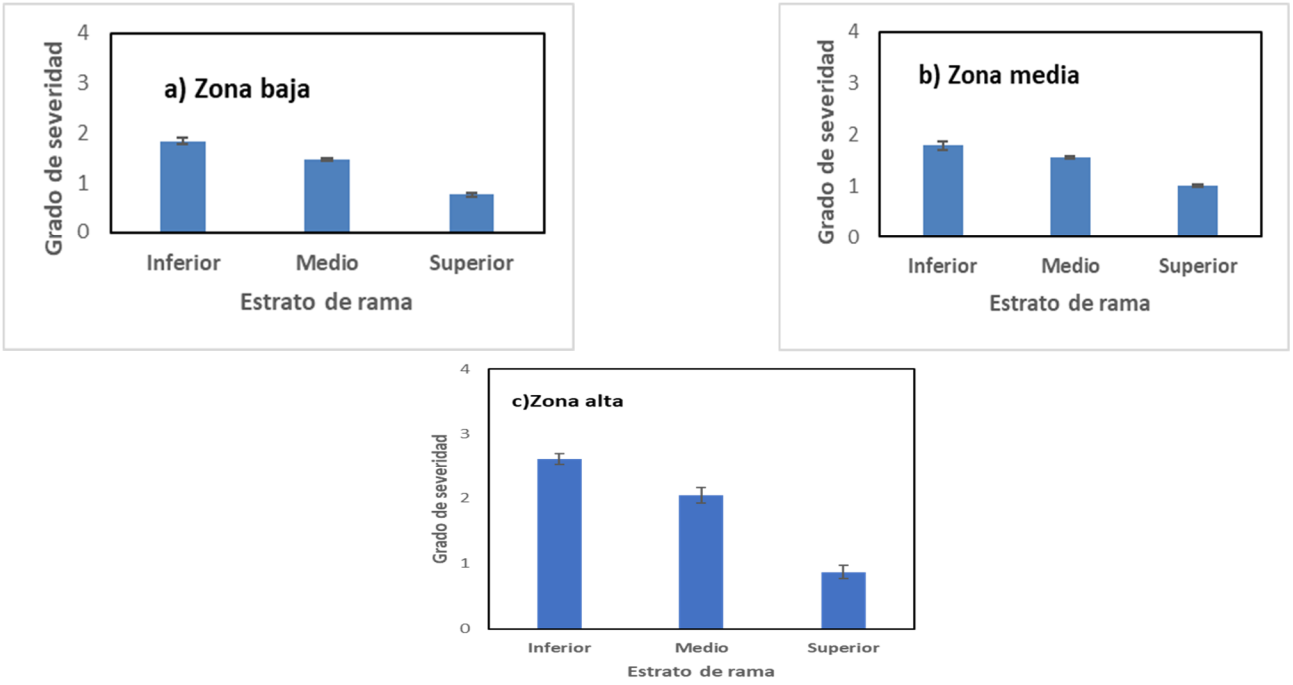


Figura 1. Comportamiento de la severidad en tres zonas: a) baja, b) media y c) alta.

Asimismo, se observó que el grado de severidad fue mayor en la zona alta del cafetal, donde la severidad en el estrato inferior superó los 2.5 puntos en la escala utilizada, en comparación con las zonas media y baja. Este incremento podría estar asociado con condiciones climáticas propias de las zonas de mayor altitud, como temperaturas más moderadas y una humedad relativa elevada, factores que favorecen el ciclo de vida del patógeno (Silva-Acuña *et al*., 2013). Además, las diferencias altitudinales también pueden influir en la fisiología de la planta, en su arquitectura foliar y en la eficiencia del manejo agronómico, aspectos que inciden indirectamente en la susceptibilidad a enfermedades. Estos resultados resaltan la importancia de considerar la arquitectura del cultivo y la altitud en el diseño de estrategias de manejo integrado de enfermedades. La poda estratégica, el control de la sombra y el monitoreo específico por estratos podrían optimizar la eficacia del combate químico o biológico, enfocando los tratamientos en las zonas de mayor vulnerabilidad.

Conclusiones

El grado de severidad de la enfermedad en cafeto fue mayor en las ramas del estrato inferior y en las zonas de mayor altitud. Estos resultados indican que tanto la posición de la rama como la altitud influyen en el desarrollo de la enfermedad, probablemente por las condiciones micro-climáticas. Por lo tanto, el manejo fitosanitario debe enfocarse en los estratos bajos y considerar la altitud del cultivo para ser más eficiente.

Referencias bibliográficas

Avelino, J. Z. H., Merlo, A., Pineda, A. Ordoñez, M. y Savary, S. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. Ecological Modelling 197(3-4):431-447. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.03.013

Camargo, A. P. y A. Jaramillo M. 2015. Fisiología del desarrollo temprano del café (*Coffea arabica* L.) en vivero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 9(2):145-153. https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.3991

Silva-Acuña, R., Leal, F. y García, L. 2013. Factores epidemiológicos asociados a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en cafetales del estado Trujillo, Venezuela. Bioagro 25(3):171-180.

Valencia-Sandoval. 2016. Competitividad de las exportaciones de café de Colombia, Guatemala y México hacia el mercado estadounidense (2001-2014). CIENCIA Ergo-Sum 23:239-246

Gamarra, D. G., G. Suarez T., J. Samaniego C. y H. Izarra R. 2015. Caracterización y manejo integrado de la roya amarilla del café en selva central del Perú. Convicciones 2(1):6-17. https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/convicciones/article/download/53/51

RESPUESTA PRODUCTIVA DEL JITOMATE A LA APLICACIÓN FOLIAR DE ÁCIDO SALICÍLICO Y MIEL BAJO CONDICIONES DE MALLA SOMBRA

Patricio Apáez-Barrios[1], Yurixhi Atenea Raya-Montaño[2*], Noé Armando Ávila-Ramírez[1] y Abimael López-López[1]

[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Prolongación de la calle Mariano Jiménez s/n, col. El Varillero. C.P. 60670. Apatzingán, Michoacán, México.
[2]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo Lázaro Cárdenas s/n, esq. Berlín, Colonia Viveros, C.P. 60190. Uruapan, Michoacán, México.
*Autor para correspondencia: yurixhi@umich.mx

Palabras clave: *Solanum lycopersicum, Número de aplicaciones, Rendimiento de frutos.*

Introducción

El jitomate es un cultivo importante en la alimentación humana, sus frutos son fuente de potasio, vitamina C, ácido fólico, flavonoides, ácido hidroxicinámico, betacarotenos y licopeno que previenen enfermedades cardiovasculares y el cáncer, lo que contribuye a incrementar su popularidad y consumo (Gerszberg *et al.,* 2015). En México se tienen como meta para el año 2030 producir 7.56 millones de t de este cultivo, pero se apuesta por un mayor uso de fertilizantes con el consecuente impacto negativo en el ambiente, lo que hace necesario buscar alternativas que favorezcan o complementen la nutrición de las plantas de manera sostenible. Actualmente se están utilizando estimulantes y bioestimulantes que pueden favorecer el rendimiento agrícola al aumentar la absorción nutrimental y proporcionar resistencia al estrés (Andreotti *et al.,* 2022). Ácido salicílico, es un bioestimulante que actúa como regulador del crecimiento de las plantas, influye en los procesos de desarrollo y en los mecanismos de señalización de las respuestas de las plantas, en el sistema de defensa antioxidante y confiere tolerancia al estrés hídrico (Khan *et al.,* 2015). Otro producto que tiene funciones estimulantes en las plantas es la miel de abeja, que pueden mejorar el crecimiento, la producción de biomasa y el rendimiento agronómico por ser fuente de carbohidratos, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas, prolina, ácido fenólico y flavonoides y puede ingresar vía foliar a la planta. En la agricultura se ha evaluado la aplicación individual de miel y ácido salicílico, pero la aplicación combinada podría tener un mejor efecto. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de ácido salicílico y miel de manera individual y combinada con diferente número de aplicaciones en la producción y calidad de jitomate bajo condiciones de malla sombra.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Apatzingán, Michoacán, México. El tipo de clima es cálido semiseco (BS1). Se usó jitomate variedad PRIMUS LF. El experimento se estableció dentro de una estructura de casa malla sombra. Se preparó el terreno y se levantaron camas de siembra con separaciones de 1.2 m entre ellas. Posteriormente se colocó el sistema de riego con cintilla sobre la cual se colocó el acolchado plástico. El 17 de noviembre se realizó el trasplante de forma manual, se colocó una plántula por cada orificio del acolchado cada 40 cm. El suministró el riego fue cada tres días y se procuró tener el cultivo siempre en condiciones de capacidad de campo. Para la fertilización se utilizó la solución nutritiva Steiner aplicada una vez por semana Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de ácido acetilsalicílico (AS) y miel, suministrados solos y combinados, en dos (A2), cuatro (A4) y seis (A6) aplicaciones. Lo que generó nueve combinaciones de tratamientos: AS-A2, AS-A4, AS-A6, miel-A2, miel-A4, miel-A6; AS+miel-A2, AS+miel-A4, AS+miel-A6, más el tratamiento testigo absoluto (agua). El AS se aplicó en concentración de 0.01 mmol/L y la miel de abeja orgánica al 2% de concentración (20 mL/L de agua). Las aplicaciones de los tratamientos se iniciaron a los 10 días después del trasplante a intervalos de aplicación de 10 días. Las plantas del tratamiento testigo se asperjaron únicamente con agua. Se usó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En la cosecha se determinó el rendimiento de fruto, número de frutos por planta, peso promedio de frutos, diámetro ecuatorial y polar de frutos. Los datos que se obtuvieron fueron analizados estadísticamente con el paquete SAS versión 9.4 y Tukey al 5% de probabilidad del error (SAS, 2017).

Resultados y discusiones

El suministro individual de AS en cuatro y seis aplicaciones, así como la miel en cualquier número de aplicaciones y el AS + miel asperjados dos y cuatro veces durante el ciclo del cultivo de jitomate, incrementaron de manera significativa (P≤0.01) el rendimiento de frutos por plantas (Figura 1). Pero las plantas más productivas se encontraron donde se suministró miel en cuatro aplicaciones, al presentar casi tres veces más de rendimiento en comparación con las plantas del tratamiento testigo (sin aplicación) (Figura 1).

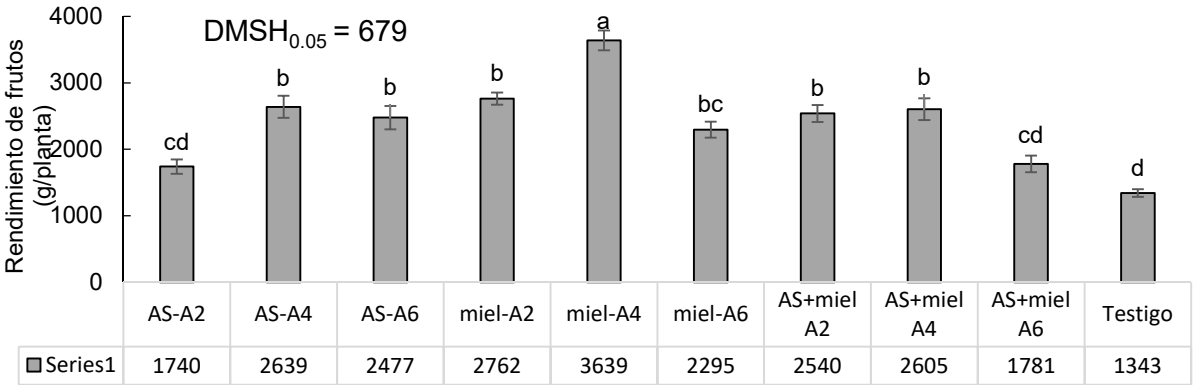


Figura 1. Rendimiento de frutos de jitomate con aplicación foliar de ácido salicílico (AS) y miel. A2, A4 y A6 = dos, cuatro y seis aplicaciones. $DMSH_{0.05}$ = diferencia mínima significativa honesta al 5% de probabilidad del error.

En el presente estudio se encontró que el AS aplicado de forma individual en cuatro y seis ocasiones influyó en el aumento en el rendimiento de frutos en 97 y 84%, respectivamente, aplicaciones generaron 89 y 94% más de rendimiento respecto a las plantas del testigo sin aplicación. Los resultados indican que la respuesta en fue proporcional al número de aplicaciones, ya que de manera general se encontró la mejor respuesta con el suministro cuatro aplicaciones. Respecto a los componentes del rendimiento se encontraron respuesta positiva con la mayoría de los tratamientos en el número de frutos por planta, mientras que en el peso promedio de frutos las plantas del tratamiento testigo produjeron valores similares comparado con la mayoría de los demás tratamientos, a excepción del AS en dos y seis aplicaciones, los cuales tuvieron los menores valores. Mientras que el diámetro polar y ecuatorial no mostraron diferencias significativas ($p<0.05$) por efecto de los tratamientos (Cuadro 1). El efecto positivo del jitomate a la aplicación de AS se puede atribuir a que es un bioestimulante que favorece la fotosíntesis y confiere tolerancia a las plantas (Khan *et al.,* 2015), un efecto similar a la miel que al aportar osmoprotectores como la prolina proporciona a la planta resistencia a factores bióticos como el estrés hídrico y altas temperaturas, lo que pudo contribuir con las condiciones climáticas adversas que hubo en el presente estudio, donde se presentaron temperaturas superiores a los 40°C. Además, la miel aportar a la planta calcio, potasio, azúcares, proteínas, aminoácidos, vitaminas y hormonas que participan en el desarrollo y peso del fruto (Rady *et al.,* 2021). Por otra parte, la aplicación combinada de AS + miel no potencializó el efecto sobre el rendimiento de fruto en jitomate, En este caso, el suministro de miel fue más efectiva para favorecer la producción de este cultivo cuando se aplicó cuatro veces. lo cual se atribuyó a que fue con este tratamiento que se logró que las plantas produjeran más frutos por planta, dicho rendimiento de fruto fue superior a lo cosechado en plantas con AS + miel en dos aplicaciones a pesar de que, con este tratamiento se registraron los frutos más pesados, por lo que el componente del rendimiento que más influyó en el rendimiento fue el número de frutos por planta. Respecto al diámetro polar y ecuatorial de los frutos, no se registraron cambios estadísticos significativos a causa de los tratamientos evaluados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nivel de significancia y prueba de comparación de medias del número de frutos por planta, peso promedio de frutos, diámetro polar y diámetro ecuatorial el jitomate con aplicación de ácido salicílico y miel.

Producto	No. aplicaciones	Número de frutos por planta	Peso promedio de frutos g	Diámetro polar mm	Diámetro ecuatorial mm
Ácido salicílico (AS)	2	24 cde¶	70.2 c	57.1 a	47.6 a
	4	33 bc	80.4 ab	60.25 a	51.0 a
	6	35 b	70.1 c	58.95 a	50.3 a
Miel	2	35 b	78.4 b	62.7 a	54.23 a

Producto	No. aplicaciones	Número de frutos por planta	Peso promedio de frutos g	Diámetro polar mm	Diámetro ecuatorial mm
	4	45 a	81.9 ab	61.95 a	52.7 a
	6	29 cde	79.6 ab	56.75 a	48.2 a
	2	29 cde	86.7 a	66.75 a	57.1 a
AS+Miel	4	31 bc	84.1 ab	57.13 a	51.1 a
	6	22 de	83.2 ab	60.88 a	53.2 a
0	0	17 e	79.1 ab	59.73 a	51.4 a
Media general		30.0	79.37	60.22	51.68
Probabilidad de F		**	**	ns	ns
$DMSH_{0.05}$		8.73	7.84	12.43	11.55
Coeficiente de variación %		11.93	9.07	8.49	9.19

¶ = medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, p≤ 0.05). **p≤ 0.01; NS = no significativo (p≥ 0.05). $DMSH_{0.05}$ = diferencia mínima significativa honesta.

Conclusiones

La aplicación individual de ácido salicílico, miel y sus combinaciones en general incrementaron el rendimiento del jitomate. Sin embargo, se observaron excepciones en el tratamiento con ácido salicílico aplicado en dos ocasiones y en la combinación de ácido salicílico + miel cuando se aplicó en seis ocasiones, los cuales no mostraron un aumento en el rendimiento. La aplicación conjunta de ácido salicílico y miel no potencializó la respuesta positiva, ya que la aplicación de miel en cuatro ocasiones fue el tratamiento que generó el mayor rendimiento de frutos y cantidad de frutos por planta, por lo que fue la mejor opción de rendimiento en el presente estudio.

Referencias bibliográficas

Andreotti, C., Rouphael, Y., Colla, G. and Basile, B. 2022. Rate and timing of application of biostimulant substances to enhance fruit tree tolerance toward environmental stresses and fruit quality. Agronomy 12(3):603.

Gerszberg, A., Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T. and Kononowicz, A. K. 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the service of biotechnology. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 120:881-902.

Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A. and Khan, N. A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in plant science 6:462.

Rady, M. M., Boriek, S. H., Abd El-Mageed, T. A., Seif El-Yazal, M. A., Ali, E. F., Hassan, F. A. and Abdelkhalik, A. 2021. Exogenous gibberellic acid or dilute bee honey boosts drought stress tolerance in *Vicia faba* by rebalancing osmoprotectants, antioxidants, nutrients, and phytohormones. Plants 10:748.

SAS Institute. 2017. SAS/STAT User's guide, version 9.4. Companion for Windows 5th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN COMBINADA DE N Y COMPOSTA EN LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE JUGO EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.)

César Augusto Hernández-Pérez[1], Josafhat Salinas-Ruiz[1], Aleida Selene Hernández-Cázares[1], Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes[2] y Joel Velasco-Velasco[1*]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 carretera federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Peñuela-Amatlán, s/n. Peñuela, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: joel42ts@colpos.mx

Palabras clave: *Nutrientes, Compostas, Calidad de jugo, Nitrógeno.*

Introducción

La aplicación de fertilizantes químicos ha sido la práctica agrícola más utilizada por los agricultores de caña de azúcar, quienes aplican en exceso fertilizantes sintéticos con nitrógeno para obtener altos rendimientos (Chen *et al.*, 2023). Sin embargo, el uso intensivo de fertilizantes químicos conduce al deterioro del suelo y la reducción de materia orgánica y biodiversidad microbiana, los cuales están estrechamente relacionados a la productividad y calidad del cultivo (Qiu *et al*., 2022). Los biofertilizantes en la agricultura pueden ser una alternativa para hacer frente a este problema, al reducir y eficientar el uso de fertilizantes nitrogenados minerales como urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio, además de que, mejoran la calidad del jugo de caña de azúcar. Los índices de calidad de jugo están asociados al estado de máxima madurez de la caña. La información sobre el estado fenológico de la planta y el momento exacto de maduración de los cultivares de caña de azúcar es esencial para que las industrias azucareras eviten la mala calidad durante la zafra. A través del monitoreo de parámetros como: azúcares reductores, porcentaje de sacarosa, grados Brix y pureza es posible determinar la edad de las cañas en las que se alcanza el porcentaje máximo de estos parámetros. Este estudio tiene como objetivo evaluar la influencia de uso combinado de nitrógeno y composta en los índices de calidad de jugo de la caña de azúcar.

Materiales y métodos

Ubicación del área de trabajo. El experimento se llevó a cabo en la parcela experimental, ubicada en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Las coordenadas son latitud 18.860742; longitud -96.860426 y altitud de 650 msnm; la región presenta un clima cálido húmedo con lluvias en verano con una precipitación media de 1900 mm y temperatura media anual de 20°C.

Diseño experimental y tratamientos. El área total de 2500 m^2 se dividió en cuatro bloques de 25 × 13 m. Cada bloque fue dividido en dos, posteriormente se subdividieron en parcelas de 16 m^2 (4 × 4 m). Se evaluaron cinco tratamientos. El diseño experimental fue bloques al azar con cinco repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales. Cada parcela tuvo cinco surcos con 1 m de separación entre surcos. El ciclo de cultivo fue de 345 días. El cultivar utilizado fue Mex 69-290, y la fuente de nitrógeno fue urea, mientras que el abono orgánico utilizado fue composta, en las siguientes dosis: T1:375 kg N-mineral/ha, T2:282 kg N-mineral/ha + 5 t composta/ha, T3:188 kg N-mineral/ha + 10 t composta/ha, T4:94 kg N-mineral/ha + 15 t composta/ha y T5:20 t composta/ha. Se determinaron los índices de calidad de jugo durante la cosecha.

Elaboración de composta. Se realizaron pilas estáticas de compostaje de 50% cachaza y 50% estiércol ovino. Se realizó aireación manual sobre un piso de concreto. La pila se mantuvo con un porcentaje de humedad del 65% y se realizaron volteos semanales de forma manual.

Determinación de grados Brix, pureza (%) y sacarosa (%). A una muestra de 100 mL de jugo en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se agregó 0.5 g de sub-acetato de plomo. Enseguida la muestra se filtró y se colocó un papel filtro sobre un vaso de precipitado; una vez lista la muestra se pesaron 26 g de jugo filtrado en un matraz aforado de 100 mL. Después esta muestra se colocó en el polarímetro para la obtención de los datos de acuerdo con la NMX-F-271-1991. Finalmente, una vez tomada la lectura el instrumento se limpió con agua destilada. Por cada muestra se realizaron tres repeticiones.

Determinación de azúcares reductores. Del jugo extraído, se separaron 100 mL en tres matraces Erlenmeyer de 125 mL. En cada 100 mL de jugo se agregaron 0.5 g de oxalato de sodio, se realizó el filtrado de jugo colocando un papel filtro sobre cada vaso de precipitado. Mientras el filtrado finalizaba, se tomaron otros tres matraces Erlenmeyer y se agregaron 5 mL de Felhing® A y 5 mL de Felhing B®; a estos se le agregaron 20 mL de agua destilada, se colocaron los matraces con la solución Felhing® en la parrilla Barnstead® hasta empezar la ebullición, posteriormente se agregaron dos gotas de azul de metileno, donde previamente se colocaron 50 mL de jugo filtrado en una bureta para titulación; esto se realizó hasta conseguir el cambio de color a rojo ladrillo. El volumen del jugo utilizado en la bureta fue tomado para la aplicación de la fórmula correspondiente (NMX-F- 312-1978).

Azúcares reductores (%) = Factor Felhing / Gasto * Peso específico * 1000

Análisis estadístico. Los datos de las variables evaluadas se analizaron bajo un modelo en bloques completos al azar, con el procedimiento GLIMMIX de SAS (Statistical Analysis System® versión 9.2). El análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó por el método LSD (Least significant difference) de Fisher con un nivel de significancia del 5% con ajuste de los grados de libertad con el método de Kenward-Rogers.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron, en general, diferencias estadísticas significativas (LSD, α = 0.05) en las variables azúcares reductores, Sacarosa (%), °Brix y Pureza (%). Azucares reductores. Hubo diferencia estadística significativa (LSD, α = 0.05) en este parámetro. La mayor cantidad de azucares reductores (g/L) se encontró en el T1 y T5, obteniendo 4.19 ± 0.027 y 4.10 ± 0.171 g/L respectivamente; mientras que, la menor cantidad de azucares reductores se encontró en el T2, con 3.01 ± 0.017 g/L (Figura 1).

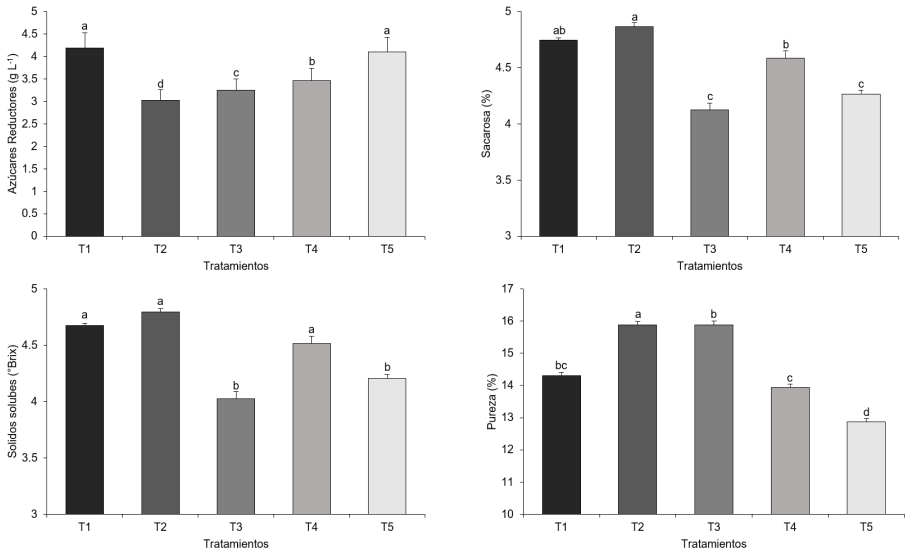


Figura 1. Efecto en los índices de calidad de jugo (grados brix, porcentaje de pureza, porcentaje de sacarosa y azucares reductores) de los diferentes tratamientos estudiados durante la cosecha de caña de azúcar. Las barras sobre las columnas representan el error estándar (SE). Media con diferencias significativas (LSD, α = 0.05) se indican con letras diferentes.

Porcentaje de sacarosa. De manera general, se observaron diferencias estadísticas significativas (LSD, α = 0.05) en este parámetro. El mayor porcentaje de sacarosa se encontró en el T2, seguido del T1, obteniendo 4.86 ± 0.033 y 4.86 ± 0.021 porcentaje de sacarosa respectivamente; mientras que, el menor porcentaje de sacarosa se encontró en el T3 y T5, con 4.12 ± 0.059 y 4.26 ± 0.033 porcentaje de sacarosa respectivamente (Figura 1).

Grados brix. De manera general, se observaron diferencia estadística significativas (LSD, α = 0.05). La mayor cantidad de °Brix se encontró en el T1, T2 y T4, obteniendo 4.67 ± 0.021, 4.79 ± 0.033 y 4.51 ± 0.064 °Brix respectivamente; mientras que, la menor cantidad de °Brix se encontró en el T3 y T5, con 4.02 ± 0.065 y 4.20 ± 0.033 °Brix, respectivamente (Figura 1).

Pureza. De manera general, se observaron diferencias estadísticas significativas (LSD, α = 0.05). El mayor porcentaje de pureza se encontró en el T2, obteniendo 15.87 ± 0.052 porcentaje de pureza, mientras que, el menor porcentaje de pureza se encontró en el T5, con 13.90 ± 0.037 porcentaje de pureza (Figura 1).

La aplicación combinada de 282 kg N-mineral/ha + 5 t composta/ha obtuvo los mejores valores (más bajos) de azúcares reductores; al respecto Vinayalakshmi *et al.* (2022) mencionan que una alta cantidad de éstos, normalmente se observa en cañas jóvenes e inmaduras. Los resultados obtenidos podrían deberse al efecto del nitrógeno mineral y orgánico en el crecimiento vegetativo que se reflejó negativamente en la calidad del jugo de caña de azúcar (El-Taib *et al*., 2021). En este estudio, el aumento en el porcentaje de sacarosa y °Brix fue afectado significativamente por las dosis de N mineral más altas. Se obtuvo un mejor porcentaje de sacarosa y °Brix en T1 y T2 donde hubo una mayor cantidad de N mineral; este resultado podría atribuirse al importante papel del nitrógeno y potasio en los procesos fisiológicos de las plantas de caña de azúcar, como la translocación de carbohidratos (El-Taib *et al.,* 2021). La variabilidad de los °Brix en el jugo de caña también se informó en otros estudios; Sawale *et al.* (2023) reportaron el valor más alto de °Brix en este cultivo con aplicación de 25% de fertilizantes orgánicos + 75% de fertilizante sintéticos. Por otra parte, Ghallab *et al.* (2024) utilizando extracto de cianobacterias (espirulina) para evaluar su efecto en cuatro cultivares diferentes de caña de azúcar, obtuvieron una mejor respuesta en el porcentaje de °Brix del tratamiento con extracto de espirulina al 0.2% aumentó significativamente en un 9.29 y 9.15%. Los resultados obtenidos con el porcentaje de pureza influenciados por la composta y la fertilización nitrogenada concuerdan con resultados obtenidos por otros autores quienes obtuvieron diferencias significativas entre los cultivares de caña evaluadas para el porcentaje de pureza (Ahmed *et al.,* 2020).

Conclusiones

Los resultados mostraron que la combinación de N-mineral más composta mostraron efectos positivos en los índices de calidad tales como pureza, grados Brix e índice de sacarosa del jugo de caña de azúcar, se cuantificaron los mejores índices en la combinación de una dosis alta de N-mineral combinado con composta. Dicha combinación mejoró la eficiencia en el uso del nitrógeno mineral lo cual se tradujo en mayor calidad del jugo de la caña de azúcar.

Referencias bibliográficas

Chen, D., C. Wang, X. Ma, K. Chen, Z. Wang, Q. Wang *et al.* 2023. Dynamic changes in soil fungal communities and functional groups in response to sugarcane/soybean intercropping with reduced nitrogen fertilizer application. Biology and Fertility of Soils 59(4):363-378.

El-Taib, A. B. A., A. Attia M. and S. Abazid R. 2021. Impact of Bio and Inorganic Potassium and Nitrogen Fertilization on Juice Quality and Sugar Yield of Promising Sugarcane Genotypes. Journal of Plant Production 12(4):413-422.

Ghallab, M., N. Bukhari, E. M. Salem, A. El-Zaidy, El-Sheikh and R. Raja. 2024. Influence of Spirulina Extract on Physiological, Qualitative, and Productive Traits of Four Sugarcane Genotypes. Agronomy 14(7):1594.

Qiu, Z., C. Paungfoo-Lonhienne, J. Ye, A. Garcia, I. Petersen, L. Di Bella *et al*. 2022. Biofertilizers can enhance nitrogen use efficiency of sugarcane. Environmental Microbiology 24(8):3655-3671.

Sawale, D. D., A. Pharande L., G. Yadav K, and P. Kumar. 2023. Influence of Integrated Nutrient Management on Growth and Quality of Pre-seasonal Ratoon Sugarcane in Vertisol. Int. J. Plant Soil Sci. 35(16):436-442.

Vinayalakshmi, P., M. Luther M., M. Bharathalakshmi, C. Rao S. y V. Rao S. 2022. Integrated implication of biofertilizers, trash mulching and chemical fertilizers on quality of sugarcane seed crop.

RENDIMIENTO Y MORFOMETRÍA DE CUATRO CEPAS DE (*Pleurotus* Spp.) EN RASTROJO DE CAÑA DE AZÚCAR, CULTIVADAS EN CUICHAPA, VERACRUZ

Alejandro Llaguno-Aguiñaga[1], Sara Haydee Castillo-Velasco[1], Joel Velasco-Velasco[2], Rubén Purroy-Vasquez[1]*, Jasiel Valdivia-Sanchez[1] y Emanuel de Jesús Ramirez-Rivera[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, km 4 Carretera a la compañía S/N, Tepetlitlanapa, Zongolica, Veracruz, C.P. 95005.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 carretera federal Córdoba-Boca del Rio, Rancho Trejo, C.P. 94500, Córdoba, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: ruben_purroy_69@zongolica.tecnm.mx

Palabras clave: *Bioconversión, Pasteurización, Rendimiento biológico, Sustrato lignocelulósico, Residuos agroindustriales.*

Introducción

El cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* representa una alternativa agroindustrial eficiente, que transforma residuos agrícolas en alimentos de alto valor nutricional. Este tipo de producción promueve la seguridad alimentaria, genera empleos y aporta a la sostenibilidad ambiental mediante el reciclaje de biomasa.
En México, uno de los residuos más abundantes y comúnmente desaprovechados es el rastrojo de caña de azúcar (tlazole), el cual suele quemarse tras la cosecha, contribuyendo a la contaminación atmosférica. El presente estudio evalúa la viabilidad del tlazole como sustrato para el cultivo de cuatro cepas de *Pleurotus* spp. bajo dos tratamientos de pasteurización, con el fin de mejorar el aprovechamiento de este subproducto. Se analiza el rendimiento biológico, así como variables morfométricas de los cuerpos fructíferos. La investigación se realizó en Cuichapa, Veracruz, donde la caña de azúcar es uno de los cultivos predominantes. Este trabajo busca proponer una alternativa productiva que beneficie a comunidades rurales mediante el uso eficiente de recursos disponibles localmente. El objetivo del estudio es determinar el efecto del tipo de tratamiento de pasteurización sobre el rendimiento y características del cultivo de *Pleurotus* spp. en sustrato de tlazole.

Materiales y métodos

El estudio se realizó bajo un diseño factorial 4 × 2 (cuatro cepas de *Pleurotus* spp. × dos tratamientos de sustrato), con 10 repeticiones por tratamiento (80 bolsas), en un módulo controlado de 40 m^2. El sustrato fue tlazole (rastrojo de caña de azúcar), procesado mediante dos métodos de pasteurización: el primero consistió en tratamiento al vapor durante cinco horas y el segundo combinó hervido en agua por 60 minutos, escurrido por 24 horas y posterior pasteurización al vapor. El sustrato picado (2-5 cm) se embolsó e inoculó con semilla comercial de *Pleurotus* spp. en capas alternadas, utilizando bolsas plásticas de 60 × 90 cm. Las bolsas se incubaron en oscuridad por 15 días. Se evaluaron tiempo de colonización, aparición de primordios, número de cuerpos fructíferos, peso fresco y rendimiento biológico. Los datos se analizaron mediante ANOVA bifactorial, con verificación de supuestos y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) en SPSS v25.

Resultados y discusión

El análisis ANOVA reveló diferencias altamente significativas en la producción entre especies de *Pleurotus* ($F=29.938$; $p=0.000$) y entre oleadas ($F=5.721$; $p=0.017$), mientras que las repeticiones no mostraron efecto ($F=0.405$; $p=0.964$), lo cual confirma la homogeneidad del diseño experimental. La producción promedio más baja se registró en *Pleurotus Rey* (36.7 g), mientras que *V753* fue la más alta (268.5 g), superando incluso a *P. djamor* (201.4 g). Este patrón sugiere un mayor potencial biotecnológico en cepas como *V753*, coincidiendo con lo documentado por Salazar-García *et al*. (2022) sobre la variabilidad intercepas en eficiencia biológica.
La prueba post hoc Tukey indicó que todas las diferencias entre especies fueron significativas ($p<0.05$), excepto entre *V753* y *Djamor*, lo cual sugiere similitud productiva entre estas dos. El Cuadro 1 presenta los valores medios más relevantes, y la Figura 1 permite visualizar claramente el rendimiento diferencial. Además, la tercera oleada mostró una reducción importante en producción (97 g), lo que puede explicarse por la disminución de nutrientes y capacidad regenerativa del micelio, como lo han reportado Martínez-Carrera *et al.* (2020) y Hernández-Lauzardo *et al*. (2019) en estudios sobre productividad fúngica.

Cuadro 1. Producción promedio de *Pleurotus* spp.

Especie	N (muestras)	Producción promedio (g)
Rey	19	36.68
Djamor	14	201.43
V753	4	268.50

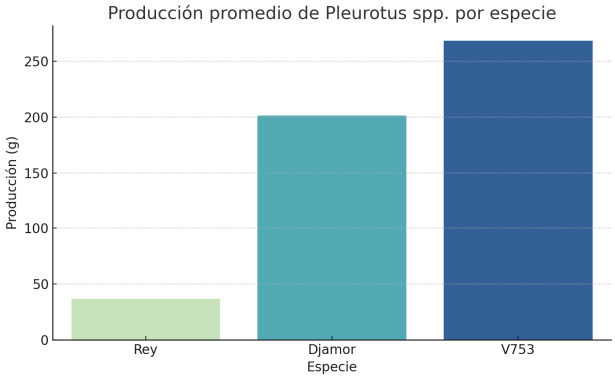


Figura 1. Producción promedio de *Pleurotus* spp.

El coeficiente R^2 ajustado fue de 0.775, lo que indica que el modelo explica un 77.5% de la variabilidad observada. Estos resultados confirman que la selección de especie y el momento de cosecha son factores críticos para optimizar la producción de *Pleurotus*, alineándose con hallazgos de Domínguez-Hernández *et al*. (2021) y Pérez-Moreno *et al*. (2021) sobre cultivos semi-controlados.

Conclusiones

El presente estudio permitió identificar con claridad la influencia de factores biológicos y técnicos en la producción de hongos del género *Pleurotus*. La evaluación experimental puso en evidencia la importancia de seleccionar adecuadamente la especie a cultivar, ya que las diferencias en comportamiento productivo reflejan el potencial de ciertas cepas frente a otras. Asimismo, se reconoció que el momento de cosecha, representado por las distintas oleadas, puede afectar el rendimiento del cultivo, lo que implica una planificación cuidadosa de los ciclos de producción.

El análisis estadístico robusto y la consistencia observada entre repeticiones validan la metodología empleada y refuerzan la confiabilidad de los resultados obtenidos. Este tipo de investigaciones es fundamental para optimizar sistemas de producción fúngica, particularmente en esquemas semi-controlados que utilizan residuos agroindustriales como sustrato. Además, los hallazgos respaldan la necesidad de monitorear de manera continua la eficiencia del cultivo, tanto en términos de productividad como de estabilidad entre ciclos.

La experiencia adquirida en este ensayo constituye una base sólida para futuras investigaciones enfocadas en mejorar la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo de hongos comestibles. Finalmente, se concluye que la integración de decisiones técnicas con criterios biológicos bien definidos es clave para fortalecer la producción de *Pleurotus* spp. en entornos agrícolas diversificados.

Referencias bibliográficas

Salazar, G. M. G. 2022. Evaluación de cepas de Pleurotus sobre residuos agrícolas. Tropical and Subtropical Agroecosystems 26(1):33-41.

Martínez C. D. 2020. Producción sostenible de hongos comestibles. Fondo CONACYT. https://www.conacyt.gob.mx/

Hernández, L. A. N. 2019. Productividad de *Pleurotus ostreatus* en sustratos alternativos. Journal of Mycology 12(1):25-33.

Domínguez, H. M. E. 2021. Evaluación de parámetros productivos en Pleurotus. Tropical and Subtropical Agroecosystems 24(3):415-423.

P. Moreno. 2021. Estabilidad del rendimiento en sistemas de cultivo controlado de Pleurotus. Journal of Cultivated Mushrooms 15(2):78-85.

ACCESIONES E HÍBRIDOS DE MAÍZ BLANCO EN CONDICIONES DE TEMPORAL CRÍTICO EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Israel Rojas-Martínez[1]*, Rogelio Fernández-Sosa[1] y José Luis Arellano-Vázquez[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Tlaxcala, km 2.5 carretera Tlaxcala-Chiautempan, CP. 90802, Tlaxcala, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, carretera Los Reyes-Texcoco, km 13,5, Coatlinchan, Texcoco, Edo. de México, México CP 56250.
*Autor para correspondencia: rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays, Rendimiento, Criollos, Adaptabilidad, Ambiente.*

Introducción

El maíz es la especie con mayor valor alimenticio y se cultiva bajo diversas condiciones edafoclimáticas. Su siembra y desarrollo es de temporal en regiones que van desde 0 a 3000 m de altitud, en donde predominan condiciones adversas como baja precipitación (300 a 400 mm anuales), temperaturas extremas de hasta 48°C, heladas tempranas desde septiembre y suelos degradados, así como zonas con abundantes lluvias (hasta 2500 mm anuales). En Tlaxcala, la superficie sembrada fue de 120,000 ha, de las cuales 102,216 ha fueron de temporal con un rendimiento promedio de 2.54 t/ha y una producción de 260,512 t. En este contexto, es necesario conocer la interacción genotipo-ambiente (IGA) en materiales criollos y mejorados del INIFAP. La IGA ocurre cuando los genotipos responden agronómicamente diferente a las variantes del ambiente, lo que puede limitar el proceso de selección en el mejoramiento genético. Los maíces criollos de temporal contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático, ya que poseen genes que favorecen un mejor desarrollo en condiciones de déficit hídrico (sequía) y temperaturas extremas, por ello, es fundamental su evaluación, conservación, caracterización, producción y mejoramiento (Turrent *et al*., 2016). El reto del mejorador consiste en identificar genotipos que presenten alto rendimiento y calidad de grano, así como, estabilidad en ambientes contrastantes (Bazinger *et al*., 2012). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento de la interacción genotipo-ambiente de accesiones e híbridos de maíz blanco en condiciones de temporal crítico en el estado de Tlaxcala.

Materiales y métodos

En el ciclo PV 2024 se evaluaron 15 accesiones sobresalientes de maíz blanco, además de los híbridos del INIFAP: Gacela H-72, Venado H-74, HX-76, H-76, H-77, H-78, H-50 y H-24, así como los testigos Z-60 y criollo local. Las localidades de evaluación fueron de Felipe Carrillo Puerto, Altzayanca; Muñoz de Domingo Arenas y San Agustín, Españita. Los suelos presentaron textura arenoso-franco, franco arcilloso y arenoso con un pH de 5.2, 5.3 y 5.9, respectivamente y bajo contenido de materia orgánica (0.5%). El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela experimental consistió en cuatro surcos de 5.0 m con separación de 0.8 m y 0.5 m entre matas manteniendo dos plantas por mata; la parcela útil correspondió a los surcos centrales. Las fechas de siembra fueron el 23 y 29 de mayo en Felipe Carrillo Puerto y San Agustín y 18 de junio en Muñoz, debido al establecimiento tardío del temporal. La fertilización se aplicó con la fórmula 140-60-30 (NPK). El control de la maleza fue con 1.0 kg de Gesaprim Calibre 90. Se evaluaron las siguientes variables: días a floración femenina (DFF), días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP) y altura de mazorca en cm (AM), porcentaje de hijos (PHIJ), porcentaje de esterilidad (PEST), porcentaje de cuateo (PCU), porcentaje de acame de raíz (PAR) y de tallo (PAT), porcentaje de cobertura (PCOB), longitud (LM) y diámetro de mazorca en cm (DM), número de hileras de granos por mazorca (HM), número de granos por hilera (GH), diámetro de olote en mm (DO), peso volumétrico en g/L (PV), peso de 100 semillas en g (PCS) y rendimiento de grano al 14% de humedad en kg/ha (RENG). El análisis de varianza combinado y la correlación se realizaron con el programa SAS Versión 9.3.

Resultados y discusión

El análisis de varianza combinado para el factor Localidad (LOC), mostro significancia ($p<0.01$) para todas las variables evaluadas. En el caso del genotipo (GEN) se encontró significancia ($p<0.01$) para todas las variables, excepto para la variable longitud de mazorca (LM) que fue no significativa. La interacción LOC x GEN presentó significancia para todas las variables ($p<0.01$), con excepción del diámetro de mazorca (DM) y diámetro de elote

(DO), que mostraron significancia a p<0.05 y las variables PHIJ, PCU, PAT, LM, HM y GH que fueron no significativas. La significancia de las variables frente al factor LOC indica que el análisis de varianza debería realizarse por localidad, de acuerdo con Balzarini *et al*. (2015), evidenciando la influencia del ambiente en las variables agronómicas, como lo señala (Moreno *et al*., 2002).

Felipe Carrillo Puerto: El análisis de varianza (ANOVA) mostró significancia a p < 0.01 para la mayoría de las variables, excepto para la longitud de mazorca (LM) y el diámetro de mazorca (DM), que fueron significativos a p < 0.05. El rendimiento de grano (RENG) varió desde 1,818.0 kg/ha para el criollo local hasta 4,328.6 kg/ha para la accesión 52. Los genotipos con mayor rendimiento fueron ACC 52, ACC 86, ACC 28, ACC 3 y ACC 108 con 4,328.6, 4,169.3, 3,975.0, 3,736.3 y 3,630.3 kg/ha respectivamente. Sus características agronómicas fueron: días a floración femenina (DFM) de 113, 111, 115, 113 y 112; altura de planta (AP) de 174.3, 187.0, 183.6, 202.0 y 170.0 cm; porcentaje de acame de raíz (PAR) de 5.9, 1.7, 0.0, 5.3 y 4.8%; porcentaje de acame de tallo (PAT) de 20.6, 17.0, 17.0, 7.4 y 31.1%; y un peso volumétrico (PV) de 712.0, 690.7, 689.3, 726.7 y 672.0 g/L, respectivamente. El RENG presentó correlación positiva y significativa con las variables AP, AM, PCU, PAR, PAT, DM y PCS, lo que indica una relación directa con el rendimiento (Figura 1). Por el contrario, se observó correlación negativa y significativa con DFF, DFM, DO y PCOB, lo que sugiere que estas variables afectan negativamente el rendimiento, debido a la incidencia de heladas. Las demás correlaciones, positivas o negativas, no fueron significativas.

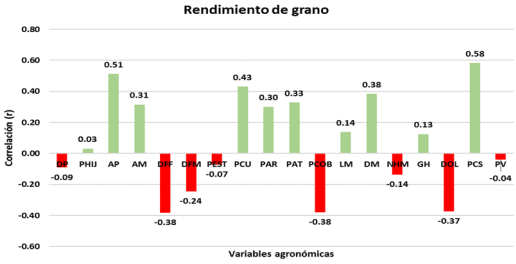


Figura 1. Correlación de variables agronómicas registradas en Carrillo Puerto, Altzayanca, Tlax. 2024.

Muñoz de Domingo Arenas: El ANOVA, indico que todas las variables presentaron significancia (P<0.01), con excepción de DFM que fue no significativa. El RENG tuvo un rango de 2263.6 a 5154.6 kg/ha. Los genotipos con mayor expresión de rendimiento fueron: Z-60, ACC 86, H-77 G, HX-76 y ACC 108 con 5154.6, 4732.6, 4694.3, 4664.6 y 4525.0 kg/ha, y con 89 días a floración masculina para los genotipos rendidores; 226.6, 241.6, 239.3, 208.3 y 231.6 cm de porte de planta; PAR 0.0, 0.0, 63.6, 9.4, 0.0, 1.6, 2.7, 0.0 y 49.3% y PAT 0.0, 0.0, 63.6, 9.4, 0.0, 1.6, 2.7, 0.0 y 9.6%, lo anterior indica que las accesiones en esta localidad presentaron susceptibilidad al acame; estas mismas accesiones tuvieron un PV de 724.0, 669.3, 684.0, 669.3 y 653.3 g/L y PCS de 27.5, 38.4, 23.8, 25.3 y 36.0 g, en ese orden. En la Figura 2 se presenta la correlación positiva y significativa del RENG con las variables GH y PV y además una correlación negativa y significativa con AM, DFF, PEST, PAR y PCS, debido a la alta correlación negativa que presentan las variables PAR y PEST por la incidencia de lluvias con vientos fuertes afectando el RENG. El resto de variables fueron no significativas.

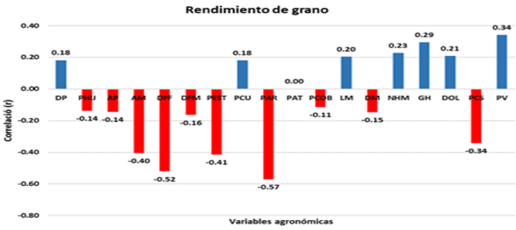


Figura 2. Correlación de variables agronómicas registradas en Muñoz de Domingo Arenas, Tlax. 2024.

San Agustín: El ANOVA indico significancia (P<0.01) en todas las variables de estudio, excepto LM y GH que fueron no significativas. El RENG tuvo un rango de 3877.3 a 8179.0 kg/ha, que corresponden a las accesiones ACC 36 y ACC 99, en ese orden. Los genotipos con mayor rendimiento fueron ACC 99, Criollo Local, ACC 3, ACC 21 y ACC 25 con 8179.0, 7052.0, 6783.3, 6724.6 y 6525.3 kg/ha, con DFM: 95, 88, 105, 91 y 97 días; AP:

258.3, 253.3, 246.6, 256.6 y 222.6 cm; PAR 10.4, 5.5, 0.0, 27.1 y 26.4%; PAT 16.6, 17.7, 35.1, 38.1 y 4.4%; PCS: 56.1, 57.3, 47.6, 53.0 y 45.4 g y PV: 672.0, 686.0, 710.6, 126.6 y 689.3 g/L, respectivamente. En esta localidad el RENG muestra correlación positiva y significativamente con las variables LM, DM, GH y PCS como se muestra en la Figura 3, mientras que se tuvo correlacion negativa y significativa con la variable PCOB debido al llenado de la mazorca dadas las buenas condiciones de sitio.

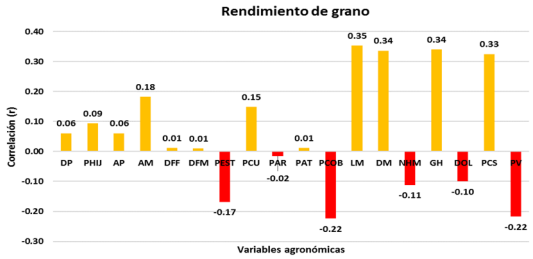


Figura 3. Correlación de variables agronómicas registradas en San Agustín, Españita, Tlax. 2024.

Conclusiones

Las accesiones de maíces blancos presentaron competitividad con los maíces mejorados, debido a la adaptabilidad en los ambientes de origen de colecta, donde la mejor localidad fue San Agustín por el retraso de las heladas y mejor distribución de lluvia. La evaluación de accesiones, indicaron correlación positiva y significativa en altura de planta y mazorca, porcentaje de cuateo, longitud y diámetro de mazorca, granos por hilera y peso de cien semillas. La correlación negativa se tuvo en las variables de días a floración, porcentaje de esterilidad, porcentaje de cobertura, debido a la presencia de helada en siembras tardías de junio por el retraso del temporal.

Referencias bibliográficas

Turrent, F. A.; Espinosa, C. A.; Turrent, T. C. y Mejía, A. H. 2016. Cambio climático y algunas estrategias agrícolas para fortalecer la seguridad alimentaria de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(7):ME:1717-39. https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.165

Bazinger, M.; Edmeades, G. O.; Beck, D. y Bellon, M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México. D. F.; CIMMYT. p. 61.

Balzarini, M.; Bruno, C. y Arroyo, A. 2015. Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales: Ejemplos con Info-Gen. Estadística y Biometría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. p. 141.

Moreno, M. M.; Peñal, L. A.; Sahagún, C. J.; Rodríguez, P. J. E. y Mora, A. R. 2002. Varianza aditiva, heredabilidad y correlaciones en la variedad M1-Fitotecnia de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Fitotecnia Mexicana 25(3):231-237.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto: “Fortalecimiento del programa de mejoramiento genético del cultivo de maíz para Valles Altos y Zonas de Transición, donde está contenido el subproyecto 4: “Colección y evaluación *in situ* de accesiones nativas de maíz en condiciones agroclimáticas extremas en el estado de Tlaxcala”. Fuente financiera: INIFAP, recursos propios.

EFECTO DE DOS ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS EN PLÁNTULAS DE PEPINO BAJO ESTRÉS POR *Fusarium oxysporum*

Guadalupe Contreras-Martínez[1*], Liliana Lara-Capistrán[2], Ana Elena Acosta-Dorantes[1], Norma Flores-Estévez[1], Ángel Isauro Ortiz-Ceballos[1], Elia Nora Aquino-Bolaños[3] y Juan Carlos Noa-Carrazana[1]

[1]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Avenida de Las Culturas Veracruzanas 101, Xalapa CP 91090, Veracruz, México.
[2]Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana Campus Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.
[3]Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos (CIDEA), Universidad Veracruzana, Dr. Luis, Dr. Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, C.P. 91190, Xalapa, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: guadacmtz@hotmail.com; jnoa@uv.mx.

Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alto valor económico, debido a sus propiedades nutricionales y demanda comercial en gran parte del mundo. A nivel global, México ocupa el cuarto lugar en producción, con un volumen de 1,036,717 toneladas. Los principales estados productores son Sinaloa (262,530 t), Sonora (198,103 t), Michoacán (98,923 t), Guanajuato (64,100 t) y Morelos (61,999 t) (SIAP, 2024). No obstante, su producción se ve limitada por diversas enfermedades asociadas al estrés biótico, siendo las enfermedades fúngicas más dañinas, interfiriendo en uno o varios procesos fisiológicos de la planta, como la absorción y transporte de agua y nutrimentos, la fotosíntesis, el metabolismo, el transporte de fotosintatos, así como en el desarrollo de frutos, la maduración y la senescencia de los tejidos (Martínez-Ruiz *et al*., 2016). Entre los hongos fitopatógenos más relevantes, se encuentra *Fusarium oxysporum*, un hongo filamentoso del suelo responsable del marchitamiento vascular y *damping off*, enfermedad que afecta a semillas y plántulas jóvenes; especialmente en la etapa de almácigos ocasionando marchitez y pudrición de la raíz (Kumar *et al*., 2018). Frente a esta problemática, se ha investigado el uso de elementos benéficos con propiedades bioestimulantes para su control, ya que, estos no solo protegen a las plantas, sino que también mejoran el crecimiento y desarrollo. Entre estos se encuentran elementos de tierras raras (ETR), los cuales están involucradas en los procesos de defensa de las plantas mediante la activación del sistema antioxidante enzimático (Iguchi *et al*., 2023) Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de dos elementos de tierras raras en plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) frente a *Fusarium oxysporum.*

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas *Campus Xalapa*, ubicado en Zona Universitaria, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México en un invernadero tipo túnel, durante los meses marzo-abril del 2024. El diseño experimental fue completamente al azar con ocho tratamientos: T1 (Control), T2 (Control infectado), T3 (50 µM $LaCl_3$), T4 (75 µM $LaCl_3$), T5 (100 µM $LaCl_3$), T6 (50 µM $GdCl_3$), T7 (75 µM $GdCl_3$) y T8 (100 µM $GdCl_3$), cada uno con 10 repeticiones. Todos, los tratamientos contenían solución nutritiva y patógeno excepto el T1. Como agente patógeno se utilizó *Fusarium oxysporum* ajustado a una concentración de 1 x 10^7 de conidios/mL y semillas de pepino variedad “Poinsett”. Las semillas fueron previamente desinfectadas con alcohol al 70% durante un minuto, seguida de una inmersión en hipoclorito de sodio al 2.5% con Tween-20 al 0.1%, agitándose en un agitador orbital a 100 rpm durante una hora, y finalmente se enjuagaron tres veces con agua destilada. Posteriormente, las semillas fueron pretratadas durante 24 horas con soluciones de $LaCl_3$ $7H_2O$ y $GdCl_3$ $6H_2O$. Luego se sembraron en macetas con un volumen de 287 cc de sustrato peat moss previamente inoculado, incorporando 1 mL del inoculo a una concentración de 1 x 10^7 conidios/mL en 50 mL de agua, procurando evitar filtraciones. Durante un periodo de 48 días se evaluaron variables de porcentaje de emergencia, altura de las plántulas, longitud de raíz, biomasa fresca y seca de follaje y raíz. Asimismo, para confirmar que *Fusarium oxysporum* era efectivamente el agente causal de la enfermedad, se aplicaron los postulados de Koch. Con los datos obtenidos, se realizaron pruebas de contraste de normalidad y se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) usando el software STATISTICA versión 12.

Resultados y discusión

La emergencia de plántulas se observó a partir del cuarto día, en todos los tratamientos. En esta etapa inicial, se observó al T3 con el mayor porcentaje de emergencia del 30%. Para el décimo día se registró nuevamente a T3 con el 70% de semillas emergidas, mientras que T2, T4, T6 y T8 tuvieron un porcentaje de emergencia del 60%. Finalmente, a los diecinueve días se registró el 80% de emergencia en el T3, seguido por T4 y T8 con 70% cada uno. En contraste, el tratamiento con el menor porcentaje de emergencia fue T7 con el 30%. A los 48 días después de la inoculación (DDI) los análisis estadísticos ($P \leq 0.05$), demostraron diferencias significativas, destacando al T4 con los mejores resultados en las medias de altura (23.77 cm), longitud de raíz (16 cm), biomasa fresca de follaje (42 g), biomasa seca de follaje (1376.267 mg), biomasa fresca de raíz (3.17 g) y biomasa seca de raíz (342.67 mg). Mientras que, los valores más bajos se presentaron en T2 y T6, indicando un efecto negativo por el patógeno o efecto inhibitorio por gadolinio (Figura 1).

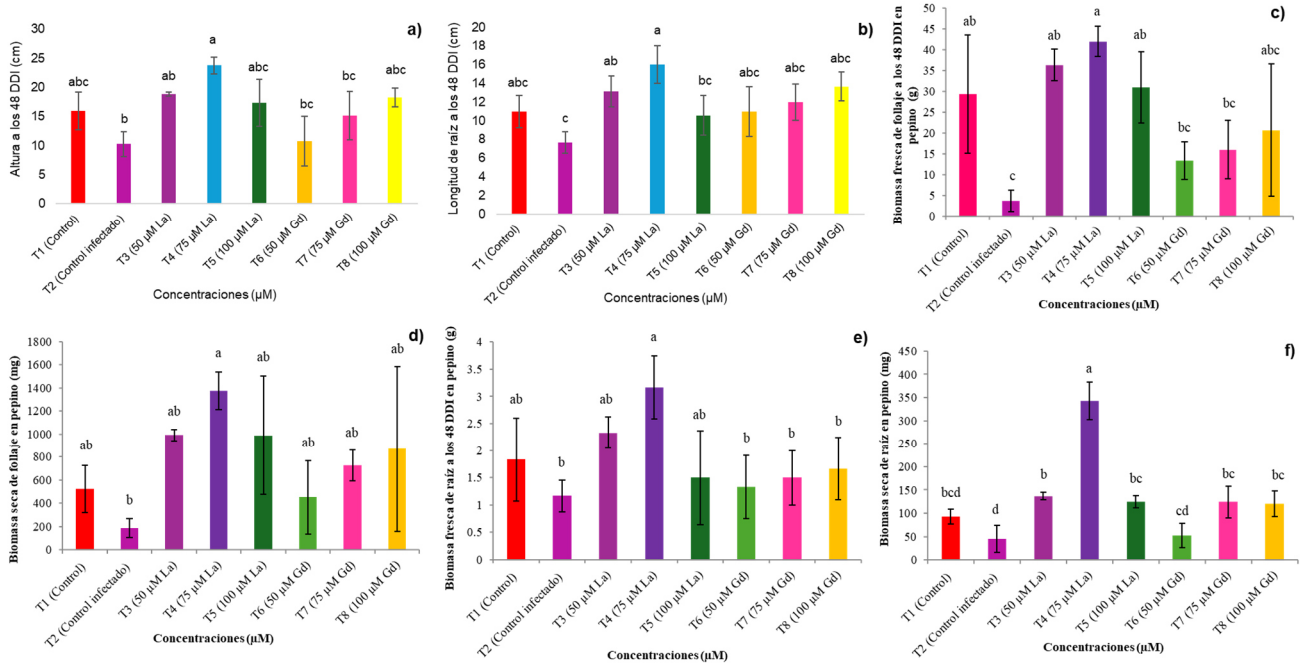


Figura 1. Variables de crecimiento en pepino a los 48 DDI con semillas pretratadas de $LaCl_3\ 7H_2O$ y $GdCl_3\ 6H_2O$. a) altura de pepino, b) longitud de raíz, c) biomasa fresa de follaje d) biomasa seca de follaje, e) biomasa fresca de raíz y f) biomasa seca de raíz. Medias ± DE con letras distintas sobre las barras de cada medición, indican diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$) n=3.

De acuerdo, con los resultados, el remojo de las semillas en concentraciones bajas de lantano aumenta la emergencia de las semillas, mejorando parámetros de crecimiento y un incremento en la biomasa fresca y seca de follaje y raíz. Dado que concentraciones adecuadas activa la biosíntesis de auxina, hormonas, elongación celular y desarrollo de raíces favoreciendo a la arquitectura en raíces (Figura 2). Sin embargo, concentraciones altas inhibe la señalización de las auxinas perjudicando el crecimiento de la planta (Liu *et al.*, 2017).

Figura 2. Fotografías comparativas en plantas de pepino a los 48 días después de la inoculación: T1 (Control), T2 (Control infectado), T3 (50 µM $LaCl_3$), T4 (75 µM $LaCl_3$), T5 (100 µM $LaCl_3$), T6 (50 µM $GdCl_3$), T7 (75 µM $GdCl_3$) y T8 (100 µM $GdCl_3$).

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que las sales de cloruro de lantano y gadolinio presentan condiciones diferentes en las variables de emergencia y crecimiento. Dado que T3 promovió mayor porcentaje de emergencia, mientras que T4, mejoro significativamente la calidad de las plántulas de pepino. Por lo que, las tierras raras en pepino pueden mejorar tanto el crecimiento en plántulas de pepino como la resistencia contra *Fusarium oxysporum.*

Literatura citada

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Panorama agroalimentario La ruta de la Transformación Agroalimentaria 2018-2024. SADER/SIAP, México. 210 p.

Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T. and Rueda-Puente, E. O. 2016. Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: La importancia de su diagnóstico. European Scientific Journal 12(18).

Kumar, S.P., Srinivasulu, A. and Raja B., K. 2018. Symptomology of major fungal diseases on tomato and its management. Journal Pharmacognsy and Phytochemistry 7(6):1817-1821.

Iguchi, S., Tokunaga, T., Kamon, E., Takenaka, Y., Koshimizu, S., Watanabe, M. y Ishimizu, T. 2023. Lanthanum Supplementation Alleviates Tomato Root Growth Suppression under Low Light Stress. Plants 12(14) 2663.

Liu, Y., Sun, L., Zhang, P., Wan, J., Wang, R. Y Xu, J. 2017. Lanthanum inhibits primary root growth by repressing auxin carrier abundances in Arabidopsis. Frontiers in Plant Science 8:1661.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto. A la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus Xalapa, por facilitarme en realizar este proyecto de investigación y al Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada por brindarme el respaldo institucional y académico necesario para realizar mis estudios de Doctorado.

DOSIS DE LOMBRICOMPOSTA SOBRE PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS Y RENDIMIENTO DE *Physalis ixocarpa* Brot. Ex. Horm

Isabel Alemán-Chavez[1], Alondra Alejandrina Bautista-Cruz[1], Elia Nora Aquino-Bolaños[2], Jimena E. Alba-Jimenez[2], María Luisa Moreno-Cortes[3] y Liliana Lara-Capistrán[1*]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria. 91090 Xalapa, Veracruz, México.
[2]Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos (CIDEA). Av. Dr. Rafael Sánchez Altamirano s/n, km 3.5 carretera Xalapa-Las Trancas, Col. Industrial, Las Animas, Xalapa, Veracruz, México. (C. P. 91192).
[3]Lab de Biomedicina, Instituto de Investigaciones Biológicas. Av. Dr. Luis Castelazo Ayala, Col Industrial Animas. Edificio K. C.P. 91192.
*Autor para correspondencia: lilara@uv.mx

Palabras clave: *Tomate de cáscara, Acidez, °Brix, Polifenoles, DPPH.*

Introducción

En México, uno de los cultivos agrícolas de interés comercial es el tomate verde (*Physalis ixocarpa*). En 2023, se recolectaron 758 mil toneladas, con una tasa media anual de crecimiento de 1.5% en la última década (SIAP, 2023), debido a su alta demanda en la industria alimentaria y su potencial en la industria nutracéutica. Este cultivo se produce de forma convencional en gran parte del territorio mexicano, utilizando altas dosis de fertilizantes de síntesis química, lo que representa una fuente de contaminación ambiental, lixiviación, afectación de aguas subterráneas y superficiales, impactos negativos en la variación del pH, deterioro de la estructura del suelo y daño a la microfauna, entre otros. Por lo anterior, se buscan alternativas para reducir el uso de fertilizantes químicos, destacando los abonos orgánicos, lixiviados y el uso de lombricompostas (Rivadeneyra-Manzanilla *et al*., 2024). Se ha observado que el uso de lombricompostas mejora las características físico-químicas del suelo, incrementa los rendimientos y la calidad de los frutos, además de mejorar los compuestos nutracéuticos en esta Solanaceae. Por consiguiente, se planteó como objetivo determinar las dosis de lombricomposta adecuadas para optimizar las propiedades nutracéuticas y el rendimiento del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex. Horm.) bajo condiciones de campo.

Materiales y métodos

El cultivo se estableció de febrero a mayo del 2022 en un rancho localizado en el municipio de Coatepec, Veracruz, México en las coordenadas geográficas: 19°29'36.12" N y 96°56'37.41" W en una extensión de terreno de 269 m^2 a una altitud de 1255 m. El suelo presenta una textura migajón limoso, con un pH de 6.5, 6.6% de materia orgánica, 33% de N total, 42 ppm de P, 225 ppm de K, 3198 ppm de Ca y 408 ppm de Mg. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos: T1 fertilización sintética con el producto YaraMila Complex (FS), T2 lombricomposta 50 g por planta (T2 50 g L), T3 lombricomposta (T3 100 g L) y T4 lombricomposta 200 g L (T4 200 g L), con 20 repeticiones y tres bloques por tratamiento con un total de 240 unidades experimentales.

Se utilizaron plántulas de tomate verde (*Physalis ixocarpa*) de la variedad Querétaro, de la empresa Harris Moran, con una altura aproximada de 10 cm. Estas fueron trasplantadas en camas previamente desinfectadas con el desinfectante FULL-GRO, aplicado a una dosis de 9.75 mL/L de agua. Simultáneamente, se colocó acolchado plástico calibre 80 y se instaló un sistema de riego por goteo. Durante el trasplante, se aplicaron por planta 0, 50, 100 y 200 g de lombricomposta a base de pulpa de caballo, con las siguientes características: 84% de materia orgánica, pH de 7.4, 0.250% de fósforo (P), 3.997% de nitrógeno (N), 2.140% de potasio (K), 1.720% de calcio (Ca), 0.800% de magnesio (Mg), una relación C/N de 12.219, 10.595% de ácidos fúlvicos y 15.105% de ácidos húmicos.

La aplicación de fertilización sintética se realizó ocho días después del trasplante con YaraMila Complex (12-11-18 EM), a razón de 50 g por planta. Durante el ciclo del cultivo, se realizaron tres aplicaciones de Bayfolan Forte en todos los tratamientos, utilizando una dosis de 1 mL/L. Para el monitoreo de plagas se colocaron trampas monocromáticas de color azul y amarillo. El control fitosanitario se llevó a cabo mediante aplicaciones de extractos de Nim, Biopest Max, Micro Soil Control y oxicloruro de cobre, todos a una dosis de 1 g/L. A los 56 días después del trasplante se midió el peso de fruto por planta (g), diámetro polar (mm) y ecuatorial del fruto (mm), sólidos

solubles totales expresado en °Brix con un refractómetro digital, pH con un potenciómetro modelo Redemon, acidez titulable, polifenoles totales (mg EAG 100 g^{-1} PS), con el método de Singleton y Rossi (1965), actividad antioxidante mediante DPPH se realizó por el método 2,2-difenil-1- picrilhidracil (DPPH) descrito por Brand-Williams *et al*. (1995) y rendimiento total por planta (kg), considerando la sumatoria de cinco cosechas.
Se realizaron contrastes de normalidad, análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (α= 0.05) a través del software STATISTICA (versión 8.0.360.0 StatSoft Inc., Tulsa, USA) para Windows.

Resultados y discusión

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre los tratamientos (p≤0.05) para todas las variables evaluadas, donde se observa la tendencia de que los mejores tratamientos fueron las aplicaciones de lombricomposta de 100 y 200 gramos por planta (T3 100 g L y T4 200 g L) (Cuadro 1). Se observó un mayor peso de frutos, así como, una mayor cantidad de sólidos solubles totales (5.67-5.68 °Brix), en cuanto al pH de frutos los tratamientos con FS y menor cantidad de lombricomposta fueron más ácidos a diferencias de las dosis más altas de lombricomposta, misma tendencia se observa en el porcentaje de acidez titulable (Figura 1a).

Cuadro 1. Análisis estadísticos para las variables de crecimiento.

Tratamientos	Peso de frutos (g)	Diámetro polar del fruto (mm)	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	SST (°Brix)	pH
T1 FS	25.9±1.3c	40.0±1.1b	32.1±1.2b	4.55±1.1b	4.5±1.2b
T2 50 g	26.8±1.2c	40.0±1.2b	32.3±1.4b	4.58±1.2b	4.5±1.3b
T3 100 g	33.8±1.4b	43.0±1.1a	35.0±1.3a	5.67±1.1a	5.2±1.2a
T4 200 g	36.8±1.1a	43.0±1.4a	36.0±1.5a	5.68±1.3a	5.5±1.1a

Valores con letras iguales, dentro de columnas, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, p≤0.05). ±Desviación estándar.

Para las variables nutracéuticas del cultivo se observó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (p≤0.05). Para polifenoles totales, los frutos con lombricomposta en dosis de 200 g por planta fueron mayor, al igual para la actividad antioxidante (Figura 1 b y c). Para el rendimiento por planta, se observa que los tratamientos con lombricomposta en dosis de 100 y 200 g por planta fueron similares al tratamiento fertilizado (Figura 1d), con un promedio de 8 kg por planta, lo cual resulta ser mayor a los reportado por Aguiñaga-Bravo *et al*. (2020) para este mismo cultivo. Estos resultados pueden estar relacionados por las propiedades físicas, químicas y microbiológicos presentes en la lombricomposta como ya ha sido mencionado en cultivos hortícolas (Rivadeneyra-Manzanilla *et al*., 2024).

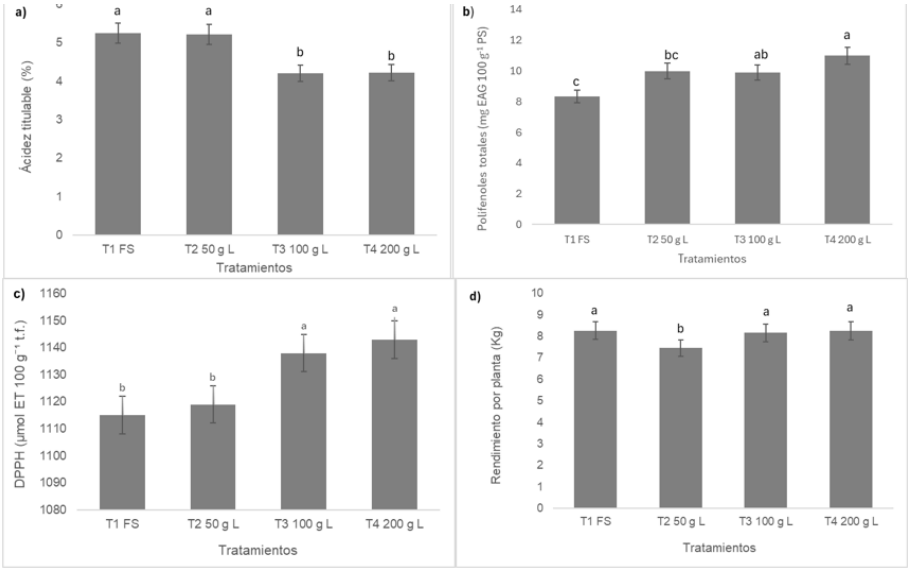


Figura 1. Propiedades nutracéuticas de los frutos de jitomate a) acidez titulable, b) polifenoles totales, c) actividad antioxidante DPPH y d) rendimiento por planta (kg). Letras iguales, en la misma barra, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, P≤0.05). ± Desviación estándar.

Conclusión

De acuerdo con los resultados, en el análisis estadístico los mejores tratamientos fueron las dosis de 100 y 200 gramos de lombricomposta por planta. Por lo anterior, se podría recomendar el uso de lombricomposta de estiércol de caballo en una dosis de 100 g por planta de manera localizada, lo cual mejora algunas características nutracéuticas del cultivo de tomate de cáscara.

Referencias bibliográficas

Aguiñaga-Bravo, A., K. Medina-Dzul, R. Garruña-Hernández, L. Latournerie-Moreno y E. Ruíz-Sánchez. 2020. Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento, valor nutritivo y capacidad antioxidante de tomate verde (*Physalis ixocarpa*). Acta Universitaria, I (30):1-14.

Brand-Williams, W., E. Cuvelier M. and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity using the DPPH free radical method. Lebensmittel Wissenchaft und Technologie Food Science and Technology, *28* p. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Rivadeneyra-Manzanilla, J. E., R. E. Palacios-Torres, A. R. Ramírez-Seañez, H. Hernández-Hernández, and A. Amador-Mendoza. 2024. Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) con lombricomposta y fertilización química. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(spe4): e4143.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Atlas agroalimentario 2024: Tomate verde. SIAP, México. 215 p.

Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetry of Total Phenolic Compounds with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16:144-158.

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE *Bacillus subtilis* EXTREMÓFILO AISLADO DE ESTROMATOLITOS CONTRA *Fusarium oxysporum* AGENTE CAUSAL DE LA MARCHITEZ VASCULAR DEL JITOMATE

Héctor Santiago Hernández-Navarro[1*], Norma Flores-Estévez[1], Liliana Lara-Capistrán[2] y Juan Carlos Noa-Carrazana[1*]

[1]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. Av. de las Culturas Veracruzanas No 101, Col. Emiliano Zapata, C.P. 91090.
[2]Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana Campus Xalapa, Circuito Universitario.
*Autor para correspondencia: hectorhnav98@gmail.com

Palabras clave: *Actividad antifúngica, Solanum lycopersicum, Estromatolitos.*

Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más relevantes a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, amplio consumo e importancia económica. Su producción se concentra principalmente en China, India y Estados Unidos. No obstante, México también destaca en este ámbito: según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), el país produjo alrededor de 3.5 millones de toneladas durante los ciclos otoño-invierno y primavera-verano, con una superficie sembrada de 49,522.18 ha y un valor estimado de 36,508 millones de pesos. A nivel nacional, Sinaloa lidera la producción, con 11,843.75 ha cultivadas y un valor de 6,121.4 millones de pesos. Sin embargo, la producción de jitomate puede verse gravemente afectada por plagas y enfermedades, especialmente aquellas causadas por hongos. Entre estas, la marchitez vascular y pudrición de la raíz, provocada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, siendo de las más devastadoras, pudiendo causar pérdidas de hasta el 100% del cultivo. Este fitopatógeno se disemina principalmente por el suelo debido a malas prácticas de manejo y saneamiento pudiendo estar latente o infectar en etapas tempranas sin presentar síntomas visibles (García-Barrera *et al*., 2024), ya que forma estructuras de soporte denominadas clamidosporas, capaces de sobrevivir largos periodos en condiciones adversas. Una vez que la planta es infectada, el hongo produce microconidios que colonizan el xilema, obstruyendo los vasos conductores mediante micelio, lo que impide el transporte de agua y nutrientes, provocando el marchitamiento progresivo y la muerte de la planta (Martínez-Ruiz *et al*., 2016). Como estrategia de control, se emplean comúnmente fungicidas sintéticos, debido a su bajo costo y rápida acción. Sin embargo, algunos de sus ingredientes activos, como el carbendazim o el benomyl, han sido asociados con efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente. Además, el uso prolongado de estos productos ha favorecido el desarrollo de resistencia por parte del fitopatógeno.

Frente a esta problemática, se ha propuesto el uso de microorganismos con capacidad antagónica como alternativa agroecológica y sustentable. Diversos estudios han demostrado que bacterias aisladas de la rizosfera, endófitos o cuerpos de agua pueden presentar actividad antifúngica y, al mismo tiempo, promover el crecimiento vegetal. Recientemente, se ha explorado el aislamiento de microorganismos provenientes de ambientes extremos denominados “extremófilos”, los cuales prosperan en condiciones hostiles como alta salinidad, presión osmótica, temperaturas extremas o bajos niveles de oxígeno. Investigaciones como la de Faskhutdinova *et al*. (2024), reportan que la biofertilización con consorcios bacterianos extremófilos de *Bacillus* y *Pseudomonas* en trigo mejora significativamente el crecimiento y desarrollo del cultivo, además de que se menciona que el uso de estas bacterias puede emplearse como agentes de control biológico contra fitopatógenos. Estas bacterias ejercen su efecto antifúngico mediante mecanismos directos, como la producción de compuestos hidrolíticos (β-glucanasas, quitinasas, proteasas, catalasas, amilasas) que degradan la pared celular de los hongos, inhiben la síntesis de proteínas y afectan la presión osmótica, impidiendo su avance. Además, especies de *Bacillus* y *Brevibacillus* producen sideróforos, metabolitos secundarios de bajo peso molecular que quelan el hierro, un elemento esencial para los hongos fitopatógenos, limitando su disponibilidad y dificultando su desarrollo. De forma indirecta, estas bacterias también promueven el crecimiento vegetal al solubilizar nutrientes como fosfatos y nitrógeno atmosférico, así como al sintetizar fitohormonas (auxinas, como el ácido indolacético, y giberelinas). A través de mecanismos de comunicación celular como el *quorum sensing*, pueden inducir resistencia sistémica (ISR) en las plantas, mejorando su capacidad para enfrentar estreses bióticos y abióticos.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue aislar y evaluar el efecto antagónico de al menos un microorganismo de los estromatolitos de la Laguna de Alchichica, Puebla, el cual es considerado un ambiente extremo debido a

la alta salinidad y alcalinidad. Este tipo de hábitats representa una fuente prometedora de microorganismos con características metabólicas únicas, ya que biológicamente estos sedimentos son los registros fósiles más importantes con los que se cuentan en la actualidad, pues fueron las primeras formas de vida en la tierra.

Materiales y métodos

La metodología consistió en realizar un muestreo de los estromatolitos de la Laguna de Alchichica ubicada geográficamente en las coordenadas: 19°24´34" N y 97°24´0" O y una altitud de 2340 m. De manera sistemática en cada punto cardinal de la laguna se tomaron alrededor de 100 g de sedimento a tres metros de la orilla; después su procesamiento se llevó a laboratorio para realizar un macerado mecánico en mortero previamente esterilizado, luego se utilizó la técnica de dilución seriada para resuspender 1 g de cada muestra en 10 mL de agua, una vez hecho se pasó 1 mL en 9 mL hasta llegar a una dilución de 10^{-4}, finalmente una vez obtenida la solución stock se procedió a inocular 150 µL de cada una en cuatro diferentes medios de cultivo, LB, Agar bacteriológico, Agar suplementado con plántula de jitomate y M9, las placas se mantuvieron a 28°C durante 24 horas, pasado este periodo se separaron las colonias de acuerdo a su forma y color. Una vez obtenidas las cepas se realizó un escrutinio rápido, en donde se evaluó su actividad antifúngica *in vitro* y se descartaron aquellas cepas en las que el micelio del hongo creció por encima de las colonias en un periodo de 5 días; la cepa fúngica que se utilizó para este experimento fue la CBF-338 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* proporcionada por la planta piloto para el desarrollo de agentes de control biológico del Instituto de Ecología. Posteriormente se seleccionó a la mejor cepa para confrontarse *in vitro* contra el hongo, el diseño experimental fue un completamente al azar, con cuatro replicas por tratamiento, usando como control el hongo solo y el hongo inoculado con fungicida comercial FungiFree ® a base de *Bacillus subtilis*, todos los tratamientos se mantuvieron a 28°C durante cinco días. Durante este periodo se tomaron datos de crecimiento del diámetro del hongo con un vernier electrónico y se empleó la siguiente formula: [(D1-D2)/D1]*100 en donde D1: crecimiento del diámetro del micelio testigo, D2: crecimiento del diámetro del micelio del tratamiento, para calcular el porcentaje de inhibición de cada uno de los tratamientos. El análisis estadístico se realizó mediante un ANOVA de un factor, en donde después de hacer las pruebas de normalidad se aplicó la prueba post hoc de Tuckey para evaluar la diferencia entre tratamientos; todo el análisis se realizó en el programa estadístico de Rstudio ®. La mejor cepa se caracterizó morfológica y molecularmente, realizando tinción de Gram con el paquete para tinción de Gram de la marca Hycel ®, y la amplificación del gen 16S rRNA utilizando los cebadores 27F y 1492R.

Resultados y discusión

El escrutinio de actividad antifúngica permitió seleccionar cinco cepas bacterianas. De ellas se obtuvo que el aislado identificado con la clave AB1 (*Basillus subtilis*) lograba un alto porcentaje de inhibición significativamente diferente a las demás cepas bacterianas con 86.50% superior incluso al tratamiento control utilizado en esta prueba el FungiFree® (cepa bacteriana también de la especie *Basillus subtilis*) el cual obtuvo un 72.88% frente al hongo *Fusarium oxysporum*. Nuestros resultados son similares a lo obtenido en otros estudios (Guato-Molina *et al*., 2019; Rios *et al.*, 2016), en donde encontraron que bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* tuvieron porcentajes de inhibición entre el 50% y 80% contra diferentes hongos fitopatógenos incluidos especies del género *Fusarium*. Con la caracterización morfológica se constató que tiene forma bastoniforme con bordes redondeados, un tamaño aproximado de 0.7 µm de diámetro por 3 µm de longitud, y la capacidad de formar esporas centrales no deformantes que le confieren resistencia a condiciones adversas. Microscópicamente, puede observarse de forma aislada, en pares o en cadenas cortas. En cultivo, forma colonias de 2-3 mm de diámetro con bordes ondulados y es un bacilo Gram positivo. En cuanto a la caracterización molecular al comparar nuestros amplicones de copias del gen 16S rRNA, con la base de datos (NCBI) donde esperábamos una alineación ≥97% en realidad observamos hasta el 100% de identidad con *Bacillus subtilis*, lo que confirma que el diagnóstico morfológico y molecular es coincidente y conclusivo.

Conclusiones

Con esta investigación se ha podido demostrar que microorganismos asociados a los estromatolitos pueden ser empleados como agentes de control biológico ya que cuentan con propiedades antifúngicas destacables contra *Fusarium oxysporum* que otros fungicidas y otras bacterias aisladas de otros entornos. Además de que es el primer reporte en el que se confrontan bacterias de este sitio contra un hongo fitopatógeno, de tal manera que se resalta la importancia de explorar ambientes extremos como fuente de nuevas cepas con propiedades antagónicas. Es necesario continuar con estudios que permitan evaluar este biocontrolador en plantas de tomate y corroborar estos efectos protectantes; además conocer los mecanismos de acción del aislado *Bacillus subtilis*

de este lugar, como la producción de lipopéptidos antifúngicos, sideróforos y enzimas hidrolíticas, que podrían explicar su capacidad de inhibir el crecimiento del fitopatógeno en condiciones tanto *in vitro* como en campo.

Referencias bibliográficas

Faskhutdinova, E., Fotina N., Neverova, O., Golubtsova Y., Mudgal, G., Asyakina L., y Aksenova, L. 2024. Extremophilic bacteria as biofertilizer for agricultural wheat. Foods and Raw Materials 12(2):348-360. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-2-613

García-Barrera, L.J., S. Meza-Zamora, A., J. Noa-Carrazana, C. y R. J. Delgado-Macuil. 2024. Chemometric analysis using infrared spectroscopy and PCA-LDA for early diagnosis of *Fusarium oxysporum* in tomato. J Plant Dis Prot. 131:1609–1626.

Guato-Molina, J., Auhing-Arcos, J., Crespo-Ávila, J., Esmeraldas-García, G., Mendoza-León, A., y Canchignia-Martínez, H. 2019. Plant growth promoting bacteria with potential biocontrol agent of *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Lycopersic*i, and *Moniliophthora roreri*. Scientia Agropecuaria 10(3):393-402. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.10

Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., C. L. Sánchez D. T., y E. O. Rueda-Puente. 2016. Hongos Fitopatógenos Asociados Al Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) En La Zona Árida Del Noroeste De México: La Importancia de su diagnóstico. European Scientific Journal, ESJ. 12(18):232. https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n18p232

Rios, V. C., C. Cisneros J. M., Berlanga Reyes, D. I., Ruiz Cisneros, M. F., Ornelas Paz, J. J., Salas Marina, M. *et al*. 2016. Identificación y actividad antagónica in vitro de aislados de *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp. Contra hongos fitopatógenos comunes. Revista Mexicana de Fitopatología 34(1):85-99. https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1507-1

EFECTO DE BIOFERTILIZANTES Y FERTILIZACIÓN COMBINADA EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ CRIOLLO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS

Yesica Berenice Martínez-Becerril[1]*, Axel Iván López-Ramírez[1], Luz Amelia Sánchez-Landero[1], Dora Trejo-Aguilar[1], Yahaira Baeza-Guzmán[1] y Wendy Sangabriel-Conde[1]

[1]Facultad de Ciencias Agrícolas – Xalapa, Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Zona Universitaria C.P. 91090. Xalapa, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: zs23010750@estudiantes.uv.mx

Palabras clave: *Micorrizas, Agroecología, Crecimiento vegetal, Fertilización sustentable*.

Introducción

El maíz criollo representa un elemento central en la cultura, alimentación y biodiversidad de México. Sin embargo, su producción enfrenta limitaciones derivadas de la baja fertilidad del suelo y el uso intensivo de fertilizantes sintéticos, lo que podría comprometer la sostenibilidad agrícola y ecológica. Por ello, se requiere evaluar prácticas que integren menos insumos químicos y más fuentes orgánicas o biológicas, sin sacrificar el rendimiento. La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) es una estrategia demostrada para mejorar la absorción de nutrientes como fósforo y nitrógeno, lo cual fortalece el crecimiento de plantas como el maíz (de Souza-Buzo *et al*., 2023). Estudios recientes también reportan aumentos de hasta 20% en rendimiento al combinar HMA con fertilización moderada. Por otro lado, la enmienda con guano de murciélago, rico en N, P, K y materia orgánica, ha mostrado beneficios concretos en cultivos como maíz y arroz, alcanzando similar efectividad a fertilizantes químicos en algunos casos. Asimismo, combinaciones de fertilizantes orgánicos y químicos (50% NPK + 50% guano) han resultado en incrementos significativos de rendimiento y mejora en parámetros del suelo (Ridine *et al*., 2014). Frente a este respaldo, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de seis tratamientos que combinan fertilizantes químicos, un biofertilizante micorrízico (Rizofermic®) y enmiendas orgánicas (Agribat® y biol casero), sobre el crecimiento del maíz criollo en maceta, analizando las variables altura y diámetro de tallo.

Materiales y métodos

Se empleó un diseño completamente al azar con seis tratamientos y 10 repeticiones cada uno (N = 60 macetas). Cada maceta (2 kg) contenía un sustrato compuesto por 60% tierra de finca, 20% tepezil y 20% hojarasca. Los tratamientos se diseñaron de la siguiente manera:

1.- Micorrizas + Fertilizante químico 10-55-10
2.- Agribat (guano de murciélago)
3.- Micorrizas + Agribat
4.- Fertilizante químico 10-55-10
5.- Biol casero (fermento de leche, piloncillo y raíces de canavalia)
6.- Fertilizante químico + Agribat

Se sembraron tres semillas por maceta (profundidad de 3 cm), seleccionándose la plántula más vigorosa tras emergencia para las mediciones. El riego fue controlado y se aplicó jabón potásico como preventivo contra plagas. Los tratamientos, a excepción de los HMA, los cuales fueron colocados al momento de la siembra, se aplicaron semanalmente tras la germinación.

Las variables evaluadas fueron: Altura de planta (cm), medida semanalmente desde la base hasta la punta, y diámetro del tallo (mm), medido a 5 cm del suelo con ayuda de un vernier digital marca Jeswo.

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis ($\alpha = 0.05$) para comparar tratamientos, dado que no se cumplió con la normalidad y posteriormente una prueba de mood medians con un intervalo de confianza del 95% para identificar que tratamiento fue mejor.

Resultados y discusión

El análisis de la prueba de Kruskal–Wallis mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). El mayor crecimiento correspondió a los tratamientos con fertilizante químico puro y micorrizas + agribat. En un grupo intermedio se encontraron agribat solo y micorrizas + fertilizante químico, mientras que fertilizante + agribat y biol se ubicaron en los niveles más bajos.

Estos hallazgos coinciden con estudios donde la simbiosis micorrízica mejoró la absorción de fósforo incluso en suelos con fertilización moderada. La superioridad del tratamiento M+Ag sugiere sinergia entre micorrizas y nutrientes provenientes del guano, como se ha documentado en estudios con guano de murciélago (Dimande *et al.,* 2023). Los resultados anteriores se pueden ver en la Figura 1.

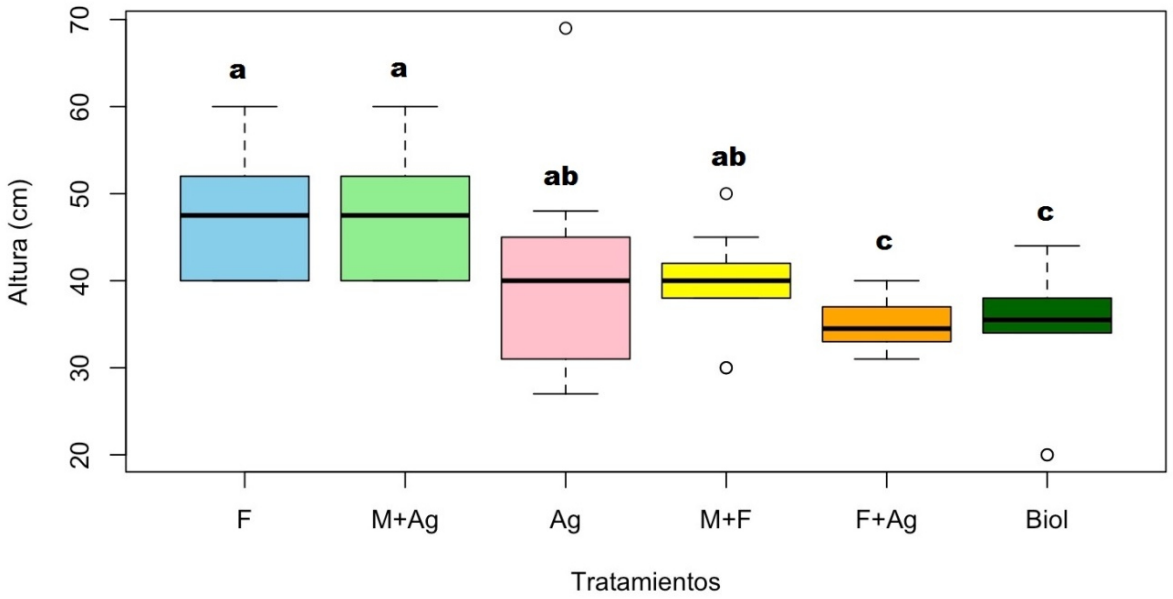


Figura 1. Altura (cm) de plantas de maíz nutridas con diferentes fuentes. F= fertilizante químico 10-55-10; M=micorriza; Ag= agribat; Biol=Biol realizado a base de fermento de leche.

El diámetro del tallo siguió una tendencia similar a la altura, con tratamientos químicos y combinados micorrizas-agribat mostrando diámetros significativamente mayores, lo que refleja un aumento de biomasa radical y aérea, reforzando la hipótesis de mejora funcional del sistema radical por HMA.
Estudios previos sobre maíz bajo tratamiento combinado (HMA + enmiendas orgánicas) registraron aumento de rendimiento atribuibles a mejor absorción de nutrientes y estructura radical reforzada. De igual modo, los casos que mezclan guano y NPK han reportado mejoras de hasta 50% en rendimiento (Ridine *et al*., 2014).
En contraste, tratamientos con solo guano o biol casero mostraron menor efecto, posiblemente por limitaciones en la dosis o menor disponibilidad inicial, comparado con niveles óptimos identificados en estudios previos como los que reporta Marwa *et al.* (2021) en donde sugirieron una relación óptima de 20 kg de suelo con 0.5 kg de guano.

Conclusiones
El fertilizante químico como tratamiento único promovió el mayor crecimiento vegetativo del maíz criollo en altura y diámetro de tallo.
La combinación de micorrizas + agribat fue la segunda opción más efectiva, demostrando sinergia entre inoculación biológica y enmienda orgánica.
Los tratamientos con solo guano o fertilizante + guano mejoraron menos que el químico puro o combinados con micorrizas, probablemente por cantidades subóptimas o formas de aplicación.
Estos resultados demuestran la viabilidad de integrar prácticas agroecológicas (micorrizas y enmiendas orgánicas) con tecnologías convencionales (fertilizantes químicos) para mejorar el rendimiento del maíz criollo de forma sustentable.
Aunque este trabajo solo se quedó en una evaluación inicial, se recomienda continuar con evaluaciones en campo y ajustar dosis de biol y guano, además de explorar efectos en rendimiento final de grano.

Referencias bibliograficas

de Souza Buzo, F., Garé, L. M., Garcia, N. F. S., de Andrade Silva, M. S. R., Martins, J. T., da Silva, P. H. G., Meireles, F. C., de Souza Sales, L. Z., Nogales, A., Rigobelo, E. C. and Arf, O. 2023. Effect of mycorrhizae on phosphate fertilization efficiency and maize growth under field conditions. Scientific Reports 13(1):3527. https://doi.org/10.1038/s41598-023-30128-7

Dimande, P., Arrobas, M. and Rodrigues, M. Â. 2023. Under a tropical climate and in sandy soils, bat guano mineralises very quickly, behaving more like a mineral fertiliser than a conventional farmyard manure. Agronomy 13(5):1367. https://doi.org/10.3390/agronomy13051367

Marwa, E. M., Andrew, T. and Hatibu, A. A. 2021. Challenges facing effective use of bat guano as organic fertilizer in crop production: A review. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS) 8(8):8-12. https://www.ijeas.org/download_data/IJEAS0808002.pdf.

Ridine, W., Ngakou, A., Mbaiguinam, M., Namba, F. and Ann, P. 2014. Changes in growth and yield attributes of two selected maize varieties as influenced by application of chemical (NPK) and organic (bat's manure) fertilizers in pala (Chad) grown field. Pakistan Journal of Botany 46(5):1763–1770. https://www.researchgate.net/publication/267037942_Changes_in_growth_and_yield_attributes_of_two_selected_maize_varieties_as_influenced_by_application_of_chemical_NPK_and_organic_bat%27s_manure_fertilizers_in_pala_Chad_grown_field

DINÁMICA DE DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS POSCOSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum* spp. MEDIANTE ACTIVADORES MICROBIANOS

Indavani Arguello-Del Valle[1], Juan Antonio Pérez-Sato[1], Noé Aguilar-Rivera[2], César Augusto Hernández-Pérez[1] y Joel Velasco-Velasco[1]*

[1]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba. Carretera Peñuelas Amatlán km. 177, 94500, Córdoba, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: joel42ts@colpos.mx

Palabras clave: *Tallos, Fertilidad, Prácticas tradicionales, Contaminación*.

Introducción

El cultivo de caña de azúcar genera una gran cantidad de residuos tanto en campo como en la industria azucarera. Estos residuos están conformados por hojas, tallos y cogollos; éstos representan aproximadamente el 65% de la biomasa total de la caña de azúcar (Boschiero *et al*., 2023). El uso de prácticas tradicionales como quemar la caña previo a su cosecha y realizar la quema de los residuos, facilita el corte manual y las labores de manejo, sin embargo, estas prácticas también generan cenizas y liberan gases de efecto invernadero los cuales contribuyen a la contaminación del aire y al cambio climático (Manrique *et al*., 2025). Considerando la importancia de realizar una buena gestión de manejo de los residuos de cosecha de la caña de azúcar, este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la adición de activadores microbianos en el proceso de descomposición de los residuos de cosecha de la caña de azúcar *Saccharum* spp. con la finalidad de optimizar su aprovechamiento, mejorar la fertilidad del suelo y contribuir a disminuir la práctica de la requema de los residuos agrícolas.

Materiales y métodos

Diseño experimental y tratamientos. El diseño experimental de bloques completamente al azar (DBC) con submuestreo, este diseño fue seleccionado para reducir la variabilidad experimental y asegurar la comparabilidad de los tratamientos. El área total del experimento fue de 124 m^2 y se establecieron cuatro bloques con cinco unidades experimentales de 5 m x 5 m con un área de 25 m^2 con una separación entre tratamientos de 1.20 m y 1 m de ancho entre calles. Mientras que la toma de muestras se diseñó para captar cualquier variación local dentro de la parcela, lo que incrementó la precisión de los resultados. Los tratamientos fueron: T1: Agua, T2: agua + estiércol, T3: agua + melaza, T4: agua + composta y T5: *Bacillus subtilis* (2.60 x 10^6 UFC/ml, 8%), *Azotobacter vinelandii* (2.60 x 10^6 UFC/ml, 8%).

Cuantificación de Temperatura. Para la variable temperatura se utilizó un termómetro digital AT Agrotech® con un rango de temperatura de -50 a +300 grados (°C). Este instrumento se colocó dentro de la pila de residuos y posteriormente se realizó la toma de la lectura en °C.

Respiración microbiana. La concentración del dióxido de carbono CO_2 se determinó con un detector de la marca EXTECH INSTRUMENTS® Modelo CO250, el cual opera con una tecnología NDIR infrarrojo no dispersivo, que mide los niveles de CO_2 en ppm y tiene un rango de medición de 0 a 5000 ppm y una resolución de 1 ppm con una precisión de ±0.6 (5% rdg + 50 ppm).

Determinación del peso. Para medir el peso de residuo se utilizó una balanza digital de peso para lo cual se tomó el método de los cuadrantes el cual consistió en colocar un cuadrado de 25 cm^2 al azar sobre la vegetación de cada unidad experimental. Tras la selección de las dos submuestras en cada unidad experimental mediante el método de cuadrantes, se realizaron las mediciones constantes del peso del residuo.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos de los diferentes tratamientos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS, donde se realizó un ANOVA y una comparación de medias LSD (Least significant difference) de Fisher a un nivel de significancia del 5% para evaluar las diferencias entre los tratamientos y la interacción de los tratamientos y tiempo.

Resultados y discusión

Temperatura. Para la variable de temperatura se realizó un análisis de medidas repetidas en bloques completamente al azar, no se encontraron diferencias significativas (LSD, α = 0.05) entre los tratamientos, sin embargo, la mayor concentración de temperatura se encontró en el T1 y mes 6 con un promedio de 43.1250 ± 1.4442°C, mientras que la menor condición de temperatura se registró en el T5 y mes 4 con 28.750 ± 1.4442°C (Figura 1).

Respiración microbiana. La variable de respiración microbiana se analizó mediante un análisis estadístico de medidas repetidas en bloques completamente al azar, donde se observaron diferencias significativas bajo la prueba LSD, α = 0.05 entre la interacción de tratamientos y tiempo, la mayor concentración de CO_2, se encontró en el T2 y mes 7 con 620 ± 15.3002 ppm de CO_2, mientras que la menor concentración de CO_2 se observó en el T2 y mes 1 con un promedio de 413.25 ± 15.3002 ppm de CO_2 (Figura 1).

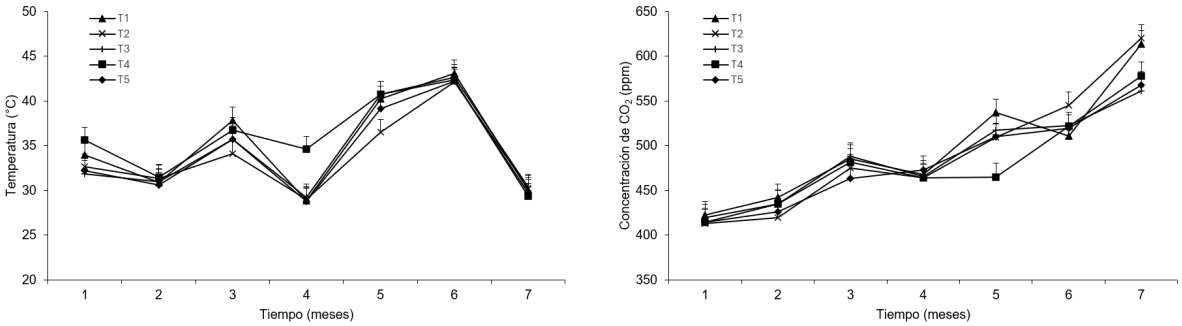


Figura 1. Comportamiento de la concentración de CO_2 y la temperatura de los cinco diferentes tratamientos. Las barras sobre las columnas representan el error estándar (SE). Media con diferencias significativas (LSD, α = 0.05).

Peso. La variable peso se analizó mediante un diseño experimental de medidas repetidas en bloques completamente al azar bajo la prueba (LSD, α = 0.05), donde se encontraron diferencias significativas, el tratamiento donde se encontró la menor disminución de peso fue el T1 en el mes 7 con 21.375 ± 7.0947 peso en g, mientras que el tratamiento que tuvo menos decremento fue el T2 en el mes 7 con 29.25 ± 7.0947 peso en g (Figura 2).

La utilización de activadores microbiológicos obtuvo resultados favorables en la descomposición de los residuos de caña; al respecto sobre la pérdida de peso, Seemakram *et al.* (2023) encontraron en su investigación que, el mejor rendimiento se observó en el tratamiento con un solo inóculo de *Aspergillus sydowii* KKU-KK-2-1, donde se obtuvo la mayor pérdida de peso foliar, de aproximadamente el 80%. Ellos sugieren que tanto *Bacillus subtilis* KKU-KK-3-1 como *Aspergillus sydowii* KKU-KK-2-1 podrían utilizarse como descomponedores de hojas de caña de azúcar.

La temperatura es un indicador que muestra la actividad de los microorganismos descomponedores durante el proceso de degradación, además de que, los microorganismos utilizan oxígeno para descomponer la materia orgánica en CO_2 (Yanqoritha, 2023). En el estudio de Popin *et al.* (2020), en donde evaluaron dos tipos de suelos (Acrisol Ródico y Nitisol Éutrico), obtuvieron como resultado que, la descomposición del residuo fue estimulada por una alta humedad del suelo (50%), que en asociación con un escenario sin remoción de paja y una temperatura alta (30°C), resultó en los mayores flujos de CO_2 en ambos suelos evaluados.

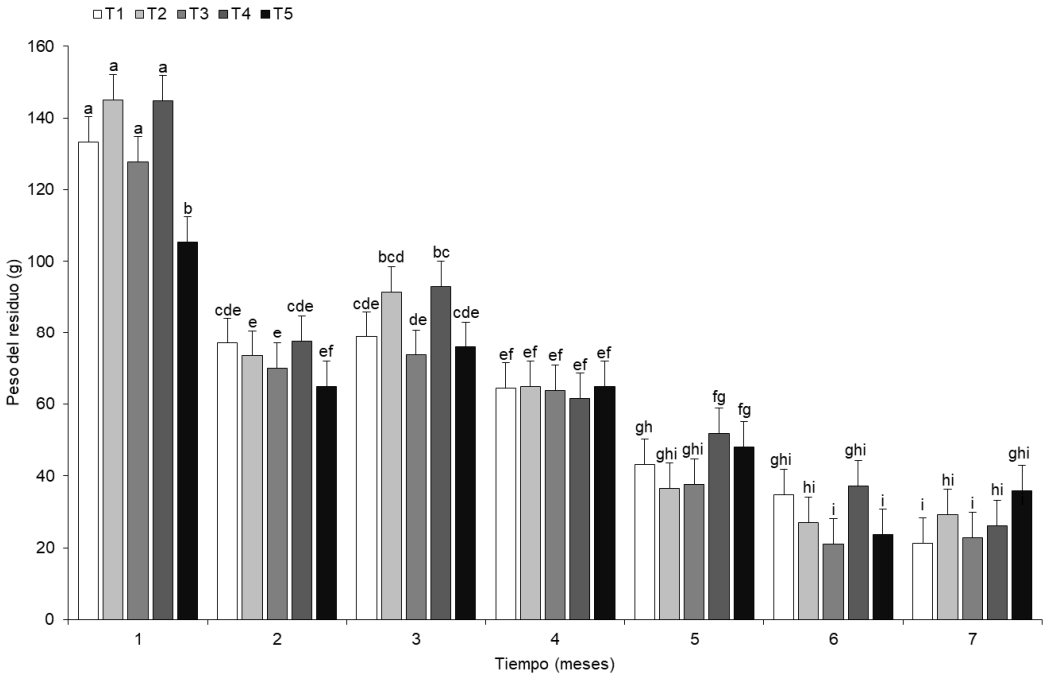


Figura 2. Estimación del peso del sustrato durante siete meses. Las barras sobre las columnas representan el error estándar (SE). Media con diferencias significativas (LSD, α = 0.05) se indican con letras diferentes.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en nuestro estudio demuestran que la adición de activadores microbianos en la degradación de residuos de caña, especialmente el tratamiento con *Bacillus subtillis* y *Azotobacter vinelandii*, promovió una mayor descomposición de los residuos de caña de azúcar, reflejada en una mayor pérdida de peso y una mayor concentración de CO_2. Lo que sugiere que los activadores microbianos en la degradación de los residuos de caña favorecen en la actividad microbiana, optimizando la descomposición de los residuos. Esta práctica contribuye a la disminución de la quema de los residuos agrícolas, mejorando la calidad del suelo y promoviendo prácticas sostenibles en el manejo de la caña de azúcar.

Referencias bibliográficas

Boschiero, B. N., S. G. de Castro Q., L. da Cruz P., J. L. Carvalho N., S. Silva R., J. Bressiani A. *et al*. 2023. Biomass yield, nutrient removal, and chemical composition of energy cane genotypes in southeast Brazil. Industrial Crops and Products 191:115993.

Manrique, A., K. Clarke, S. Bisesi, F. Arosemena A., E. Coker S., y T. Sabo-Attwood. 2025. The Adverse Health Effects of Air Pollution from Sugarcane Burning: A Scoping Review of Observational and Experimental Evidence. Environmental Health Perspectives 133(1):016002.

Popin, G. V., A. K. Santos B., T. Oliveira, P. de Camargo B., C. E. Cerri, and M. Siqueira N. 2020. Sugarcane straw management for bioenergy: effects of global warming on greenhouse gas emissions and soil carbon storage. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 25:559-577.

Seemakram, W., T. Suebrasri, S. Khaekhum, J. Ekprasert and S. Boonlue. 2023. Enhancement of integrated sugarcane trash managements by co-inoculation of cellulolytic microorganisms for sustaining soil fertility. Sugar Tech 25(4):925-937.

Yanqoritha, N. 2023. The Influence of Physico-Chemical and Bioactivators for Composting of Traditional Market Vegetable Waste. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA 9(4):1696-1704.

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE GENOTIPOS DE JITOMATE EN RESPUESTA AL CALCIO EN FERTIRRIEGO BAJO SOMBRA

Juan Antonio Chamú-Baranda[1]*, Carlos David Carretillo-Moctezuma[1], Horacio Adulfo Pérez-Espinoza[1], Martín Solís-Martínez[1], Eloy Canales-Sosa[1] y Mayra Isela Merlos-Brito[1]

[1]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Av. Vicente Guerrero No. 81 Primer piso, Col. Centro, C.P. 40000, Iguala, Guerrero. México.
*Autor para correspondencia: antonio.chamu@csaegro.edu.mx

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., *Fertilización, Agricultura protegida*.

Introducción

Cuando hablamos de la nutrición y la fertirrigación en particular, es necesario identificar las necesidades de los cultivos para establecer la demanda de elementos minerales en sus diferentes etapas de desarrollo. Asimismo, existe la necesidad de identificar las causas que generan el desequilibrio nutricional. Existen muchos casos en donde las limitaciones o el exceso de nutrimentos se relacionan con el desarrollo de fisiopatías, tanto en la zona radicular como en las partes aéreas de las plantas. Sin embargo, la toxicidad nutrimental es quizás el factor que afecta mayormente el desarrollo de los cultivos, y sin reconocer las causas del desequilibrio, resulta muy difícil corregir el problema. Las principales causas de toxicidad por elementos minerales se deben a la acidez o la alcalinidad del suelo (Rizo, 2008). El calcio es considerado como un macronutriente secundario (como el magnesio y el azufre), y de vital importancia para el adecuado desarrollo de las plantas. Este elemento se encuentra en el suelo en muchas formas, ya sean en forma mineral (silicatos, yesos, carbonatos, fosfatos, etc.) u orgánica. No obstante, éste se absorbe como ion calcio (Ca^{2+}) que puede estar libre en el suelo o en el complejo adsorbente (arcillo-húmicas). Por tal motivo es conveniente realizar un análisis físico-químico del suelo donde se va a establecer un cultivo, con la finalidad de saber la fertilidad del mismo y con ello evitar la aplicación de nutrimentos que ya se encuentran presentes en él; una de las consecuencias de aplicar un nutrimento al suelo cuando en éste se encuentra en exceso, es el desbalance de la fertilidad del mismo; por ejemplo, aplicaciones excesivas de calcio provoca que las plantas crezcan débiles debido a la deficiencia de magnesio y potasio (Guerrero, 2012) ocasionando la pérdida del rendimiento y la calidad de fruto (Rizo, 2008). Otra consecuencia observada es el daño al sistema radicular de las plantas, principalmente los pelos absorbentes pueden dañarse por exceso de sales. Por tal motivo se evaluó la no aplicación de calcio y la aplicación de un 25% de las necesidades de calcio para un rendimiento meta de 200 t/ha en el cultivo de jitomate, utilizando cuatro genotipos, Toro, Pony Express, Palomo y Perseo con la finalidad de determinar si el calcio que se encuentra en el suelo bajo estudio está disponible y suficiente para la nutrición de las plantas de jitomate.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en condiciones protegidas bajo malla 50% sombra de 384 m^2 (16 x 24 m) en el vivero “Valerio Trujano” perteneciente al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero ubicado en el km 11 de la carretera Iguala-Huitzuco en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano a 860 msnm, cuyas coordenadas geográficas son: 17º 54´ LN y 99º 41´ LO. En el área de estudio, el análisis físico-químico del suelo mostró que éste cuenta con 4 886 ppm de calcio. Se evaluaron dos factores: a) Calcio (testigo 0% y 25%) y Genotipos de jitomate de hábito de crecimiento determinado (Toro, Pony Express, Perseo y Palomo), generando ocho tratamientos.

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, en las parcelas grandes estuvieron los niveles de calcio y en las parcelas chicas se aleatorizaron los genotipos. La unidad experimental estuvo constituida por dos camas de siembra de 1.20 m de ancho x 4 m de largo (4.8 m^2), cada tratamiento se replicó cuatro veces, por lo que en total se obtuvieron 32 unidades experimentales. Cada parcela grande constó de una superficie de 192 m^2, donde se establecieron 10 camas de cultivo, utilizando la primera y la última como bordos y las ocho restantes para el establecimiento de los genotipos (2 camas de siembra por genotipo), la distancia entre planta fue de 0.40 m, teniendo 20 plantas por unidad experimental distribuidas a doble hilera de las cuales se descartaron dos plantas por hilera una de cada extremo, teniendo una parcela útil de 16 plantas por unidad experimental, se midieron 4 plantas para el crecimiento, y 16 para medir el rendimiento. Las variables obtenidas se les realizó un análisis de varianza y prueba complementaria Tukey al 5% de probabilidad utilizando el sistema SAS versión 9.4.

Resultados y discusión

El ciclo del cultivo fue de 174 días (del 26 de octubre de 2018 al 17 de abril de 2019). La siembra fue el 26 de octubre y el trasplante se realizó a los 28 días después de la siembra "dds", el inicio de la floración ocurrió a los 48 dds; mientras que, la primera cosecha se hizo a los 100 días después del trasplante abarcando un periodo de cosecha de 39 días.

Altura de planta. En el Cuadro 1 se muestra la altura promedio de la planta en sus diferentes etapas de desarrollo, de la etapa vegetativa (22 ddt) hasta inicio de fructificación (62 ddt).

Cuadro 1. Datos, análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey) de la altura promedio (m) de plantas de genotipos de jitomate por efecto de la aplicación de calcio, en suelo, bajo malla sombra.

Factor	Nivel	Vegetativa		Floración			Inicio de fructificación	
		22	27	34	41	48	55	62
Calcio (A)	Sin	0.92 a	0.96 a	1.05 a	1.10 a	1.20 a	1.42 a	1.51 a
	25%	0.90 a	0.93 a	0.99 b	1.06 b	1.16 b	1.31 b	1.40 b
Genotipo (B)	Pony	0.93 ab	0.97 ab	1.03 b	1.09 b	1.19 b	1.37 b	1.46 b
	Palomo	0.84 b	0.87 c	0.98 bc	1.04 bc	1.14 bc	1.30 b	1.39 b
	Perseo	1.01 a	1.04 a	1.15 a	1.20 a	1.30 a	1.50 a	1.59 a
	Toro	0.85 b	0.88 c	0.93 c	0.99 c	1.09 c	1.28 b	1.37 b
Fuente de variación					Pr>F			
Calcio (A)		0.4940ns	0.3000ns	0.0050**	0.0100**	0.0100**	0.0010**	0.0010**
Genotipo (B)		0.0010**	0.00001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
A*B		0.8110ns	0.8250ns	0.7510ns	0.7280ns	0.7280ns	0.7350ns	0.7350ns
C.V. (%)		8.35	6.69	5.58	5.61	5.13	5.75	5.39

ns= no significativo **= Altamente significativo. Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas en la altura de las plantas de jitomate por efecto del factor calcio a partir de la etapa de floración (34 ddt), siendo mayor el crecimiento del cultivo en el nivel con 0% de calcio. De lo anterior se deduce que el calcio contenido en el suelo fue suficiente para cubrir la demanda de la planta, en ese sentido Romero-Aranda *et al.* (2001), indican que al aplicar calcio en exceso retrasa el crecimiento de la planta y por tanto la altura de ésta disminuye con el incremento de la salinidad. Para el factor B, se muestran diferencias altamente significativas en todas las etapas fenológicas, siendo el genotipo Perseo el que sobresale a partir del inicio de floración, superando en altura a los demás genotipos evaluados.

Peso de frutos/m^2. En el Cuadro 2 se muestra el peso de frutos por calidades por metro cuadrado obtenidos durante las cosechas (siete) realizadas.

Cuadro 1. Datos, análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey) del peso promedio (kg) de frutos por metro cuadrado de genotipos de jitomate por efecto de la aplicación de calcio, en suelo, bajo malla. sombra.

Factor	Nivel	Primera	Segunda	Tercera	Total
Calcio (A)	Sin	2.16 a	3.24 a	0.60 b	6.08 a
	25%	1.25 b	2.64 b	0.84 a	4.88 b
Genotipo (B)	Pony	1.84 a	3.17 a	0.73 b	5.82 a
	Palomo	1.93 a	3.02 a	0.70 b	5.76 a
	Perseo	2.06 a	2.76 a	0.50 c	5.41 a
	Toro	1.00 b	2.81 a	0.96 a	4.95 a
Fuente de variación (FV)			Pr>F		
Calcio (A)		0.00020 **	0.0240 *	0.00001 **	0.0122 *
Genotipo (B)		0.00001 **	0.1840 ns	<.00001 **	0.0914 ns
A*B		0.5861 ns	0.4722 ns	0.1272 ns	0.4147 ns
C.V. (%)		23.48	13.76	18.52	13.02

ns= no significativo *= Significativo **= Altamente significativo. Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

El factor calcio ocasionó diferencias estadísticas en el rendimiento de frutos en sus diferentes categorías; sin la aplicación de calcio se incrementó el peso de los frutos de primera (72.8%), segunda (22.73%) y el total acumulado (24.59%); mientras que, al aplicar el 25% de las necesidades de calcio se incrementó la producción de frutos chicos ubicándose en la tercera categoría. Lo que determina que la adición de calcio en un suelo que tiene alto contenido de este elemento disminuye el peso medio de los frutos (Júnior *et al.,* 2011). Los genotipos ejercieron diferencias estadísticas altamente significativas solo en las calidades primera y tercera; los frutos de mayor calidad se produjeron por los genotipos Perseo, Palomo y Pony Express, superando al híbrido Toro, siendo este último el que produjo los frutos de menor calidad. Es importante mencionar que Perseo F1 se caracterizó por la menor producción de frutos chicos (0.5 kg/m^2).

Conclusiones

Se determinó que la adición de calcio en el suelo que presenta alto contenido de este nutrimento es perjudicial para el rendimiento de frutos de primera y segunda calidad. Asimismo, se observó que el genotipo Perseo tuvo mayor adaptabilidad al exhibir mayor altura y rendimiento de frutos de primera calidad.

Referencias bibliográficas

Guerrero, R. J. G. 2012. Hortalizas. Aprende a manejar el calcio en tus cultivos. https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/aprende-a-manejar-el-calcio-en_tuscultivos/. Consultado el 15 de noviembre del 2020.

Júnior, S. J.; Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. y Resende, L. V. 2011. Rendimiento de podredumbre del cultivo de tomate en función del nivel de calcio aplicado al suelo en función del contenido de calcio y amonio. Revista Catinga 24:20-26.

Rizo, E. E. 2008. Exceso de nutrientes. https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/exceso-de-nutrientes/. Consultado el 14 de diciembre de 2020.

Romero-Aranda, R.; Soria, T.; Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Science. Consultado el 30 de noviembre de 2020.https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3306966&pid=S0718-34292007000300060039&lng=es.

METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS DE ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO

Martín Solis-Martínez[1*], Daniel Damián-López[1], Juan Antonio Chamú-Baranda[1], Rogelio Carrillo-González[2], Lidia Velasco-Velasco[3] y Eloy Canales-Sosa[1]

[1]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Av. Vicente Guerrero No. 81 Primer piso, Col. Centro, C.P. 40000, Iguala, Guerrero. México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Agrícola Experimental. Iguala, Guerrero.
Autor para correspondencia: martin.solis@csaegro.edu.mx

Palabras clave: *Plomo, Cadmio, Níquel, Contaminación.*

Introducción

El suelo puede definirse como un recurso multifuncional, sumamente complejo y variable, formado por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, además representa la reserva mundial del 90% de alimentos, sirve de base para las actividades humanas, el paisaje y funciona como proveedor de materias primas. El suelo es considerado un recurso no renovable, por lo que se debe preservar. La naturaleza del suelo juega un papel fundamental en la disponibilidad de micronutrimentos, y en su comportamiento a nivel suelo-planta; también hay metales pesados sin función biológica conocida, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva consigo disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Elementos tales como el cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), Sb, Bi, Sn, Tl resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta. Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas (Prieto *et al*., 2009). En el municipio de Zacualpan, Estado de México, no se cuenta con un estudio del contenido de metales pesados presentes en los fertilizantes que se aplican al suelo para nutrir a los cultivos, y esto puede estar contaminando el suelo ya que algunos metales pesados no cumplen ninguna función biológica en la planta. Por ello, se desarrolló este trabajo de investigación con muestras de suelo colectadas en diferentes localidades del municipio, para cuantificar los metales pesados, así como la posible relación con algunas propiedades de los suelos. El objetivo fue evaluar el contenido de los metales pesados Pb, Cd y níquel (Ni) en los suelos agrícolas de Zacualpan, Estado de México e identificar las propiedades químicas que limitan la disponibilidad de éstos.

Materiales y métodos

El municipio de Zacualpan está ubicado al sur del Estado de México, a una altitud aproximada de 2,050 m; el territorio cuenta con una superficie total de 301 065 km^2. Predomina el clima semi cálido y templado; con zonas de clima tropical, preferentemente en la porción poniente y zonas de clima templado en la porción centro. La temperatura promedio es de 18ºC alcanzada en el período de invierno, y una máxima promedio de 32ºC alcanzada en verano. La precipitación promedio anual se establece entre 1 100 y 1 400 mm. El periodo de lluvias empieza a finales de junio y termina a principios de octubre.

Se recolectaron muestras de suelo en diferentes comunidades del municipio de Zacualpan, Estado de México. Los criterios tomados en cuenta para la colecta de las muestras consistieron en recolectar una muestra compuesta, considerando las características más dominantes de los suelos agrícolas de cada localidad. Se colectaron 33 muestras compuestas de suelo de 2 kg aproximadamente, utilizando el método del zig-zag, a una profundidad de 20 cm (Cuadro 1). El análisis de los metales pesados se realizó en el Laboratorio de Química de Suelos y Ambiental del Programa de Edafología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

El análisis de las muestras de suelo se realizó de acuerdo con el método del ácido dietilendiamino penta-acético trietanolamina (DTPA 0.005M – $CaCl_2.2H_2O$ 0.01 M – TEA 0.1M), propuesto por Lindsay y Norvell (1978). Los datos obtenidos para los metales pesados se correlacionaron con los datos de algunas variables como pH,

porcentaje de arcilla, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de materia orgánica, cationes intercambiables y fósforo extractable, con el programa estadístico SAS (2000) Versión 9.4.

Cuadro 1. Sitios donde se realizó el muestreo de suelos, en Zacualpan, Estado de México.

No.	Localidad	No.	Localidad	No.	Localidad
1	Agua Dulce	12	Gama de la Paz	23	Piedra Parada
2	Apetlahuacan (a)	13	Huitzoltepec (a)	24	Rancho Sta. Lucia (a)
3	Apetlahuacan (b)	14	Huitzoltepec (b)	25	Rancho Sta. Lucia (b)
4	Ayotuxco	15	La Canal	26	Santiago
5	Coloxtitlan (a)	16	La Cofradia	27	San Antonio Amealco
6	Coloxtitlan (b)	17	Las Huertas	28	Tetzicapan (a)
7	Coronas	18	La Luz	29	Tetzicapan (b)
8	El Despoblado	19	Los Ejidos	30	Tlapexco
9	El Cortijo	20	Los Planes (a)	31	Tres Cruces
10	El Salto	21	Los Planes (b)	32	Zacualpilla
11	El Sitio Unión	22	Mamatla	33	Zotzocola

Resultados y discusión

Los suelos son en su mayoría franco-arcillo-arenosos, moderadamente ácidos, con contenidos de materia orgánica de medios a muy altos. Los niveles adecuados de este metal resultaron en un rango de 0.10 a 0.32 mg/kg, el valor mínimo lo reportan las muestras 2, 7, 8 y 23 de las comunidades de Apetlahuacan (a), Coronas, El Despoblado y Piedra Parada, respectivamente; por otro lado, las muestras que presentaron niveles peligrosos de Cd están en un intervalo de 0.68 a 1.76 mg/kg, siendo este último el valor máximo de las muestras analizadas. El 82% de las muestras presentó concentraciones normales de Cd extractable y el 18% mostró concentraciones peligrosas, debido a que el pH de los suelos es moderadamente ácido, el Cd no es retenido en el suelo y puede entrar a la planta, por otro lado, la materia orgánica facilita también la absorción de este elemento, por lo que se debe prestar mayor atención a los sitios donde se detectaron niveles peligrosos de Cd. Los resultados de esta investigación son elevados en comparación con los datos obtenidos por Ramos (2023), en su trabajo de investigación en suelos agrícolas de Pascala del Oro, Guerrero; la concentración de Cd en dichos suelos fue normal con un valor mínimo y máximo de 0.00 y 0.12 mg/kg, respectivamente. Por otra parte, el 96.96% presentó concentraciones normales de Pb, que van desde 0.08 mg/kg (muestra 33) hasta 37.60 mg/kg (muestra 26) correspondientes a las comunidades de Zotzocola y Santiago, respectivamente; mientras que el 3.03% restante presentó concentraciones peligrosas, con un valor de 187.20 mg/kg (muestra 17 de la comunidad de Las Huertas). Puga *et al.* (2006), en un trabajo de investigación evaluaron la contaminación en el suelo por Pb, Cd, Zn y arsénico (As) a diferentes distancias de un área de confinamiento de los desechos de la industria minera y a diferentes niveles de profundidad (0-40, 40-60 y 60- 80 cm) estos autores reportaron cantidades muy elevadas de Pb en la profundidad de 60-80 cm con 4 720 ppm, seguida de la profundidad 40-60 cm con 3 000 ppm, además observaron que el Pb en lugares cercanos al área de confinamiento, tiene una concentración mayor a más profundidad y en el resto de los sitios tiende a ir disminuyendo conforme se va alejando de la fuente de origen. Con relación al Ni, el valor más alto lo presentó la muestra 15, colectada en la localidad de La Canal, con 3.54 mg/kg, y el valor mínimo se presentó en la muestra 27 de la localidad de San Antonio Amealco, con 0.4 mg/kg. El 100% de las muestras analizadas presentó niveles normales de este elemento. Godinillo (2021), también reportó cantidades normales de Ni en tres municipios del estado de Guerrero (Apango, Tixtla y Zumpango del Rio). Del total de muestras analizadas, la máxima concentración fue de 0.918 mg/kg en la localidad de Zumpango del Rio y la mínima fue de 0.046 mg/kg, colectada en la localidad de Apango. El análisis de correlación lineal simple entre la concentración de los metales pesados y algunas características químicas de los suelos mostró una asociación positiva y altamente significativa entre el plomo y el cadmio. El efecto estimulante del Pb sobre la absorción del Cd por las raíces de las plantas puede ser un efecto secundario de la alteración del trasporte transmembrana de iones.

Conclusiones

Existe cierto grado de contaminación por metales pesados (Cd y Pb) en algunos de los suelos analizados. El análisis de correlación mostró interacciones altamente significativas entre los metales pesados presentes en los suelos. Es importante el monitoreo frecuente de la presencia de estos metales en el suelo y en los cultivos.

Referencias bibliográficas

Godinillo, V. D. J. 2021. Micronutrimentos y metales pesados en suelos cultivados con agave mezcalero (*Agave cupreata* Trel. & Berger). Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

Lindsay, W. L., and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. Soil Science Society of America Journal.

Prieto, M. J., C. A. González R., G. A. Román D. y F. Prieto G. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and subtropical Agroecosystems 10(1):29-44.

Puga, S., M. Sosa, T. Lebgue, C. Quintana, y A. Campos. 2006. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera: Heavy metals pollution in soils damaged by mining industry. Ecología aplicada 5(1-2):149-155.

Ramos, M. J. 2023. Elementos potencialmente tóxicos en suelos agrícolas de Pascala del Oro, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

ACTIVIDAD NEMATICIDA *in vitro* DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA *Pratylenchus* sp. PARÁSITO DE CAÑA DE AZÚCAR

Carlos Yair Vásquez-González[1], Fernando Hernández-Baz[2], Alejandro Salinas-Castro[3], Noe Aguilar-Rivera[4] y Daniel López-Lima[1]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, 91010 Xalapa, Veracruz, México.
[3]Universidad Veracruzana, Centro de Investigación en Micología Aplicada, 91010 Xalapa, Veracruz, México.
[4]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 94945, Córdoba, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: chapa-12-12@hotmail.com

Palabras clave: *Caña de azúcar, Fitoparásito, Nematicida.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es uno de los cultivos agrícolas más importantes en México, tanto por su relevancia económica como por su contribución al desarrollo rural en diversas regiones del país. Este cultivo se extiende a lo largo de más de 800 mil hectáreas distribuidas principalmente en estados como Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí y Oaxaca, y sustenta una importante agroindustria azucarera nacional. Sin embargo, la producción de caña de azúcar enfrenta diversos desafíos fitosanitarios, entre los cuales destaca la presencia de nematodos fitoparásitos. Estos organismos son invisibles al ojo humano y atacan las raíces del cultivo, interfiriendo con la absorción de agua y nutrientes, loa que provoca síntomas como clorosis, marchitez, reducción del crecimiento y pérdidas significativas en el rendimiento (Bhuiyan *et al*., 2024). Entre los nematodos más comunes asociados a la caña de azúcar en México se encuentran *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Criconemoides* spp. Uno de los métodos más empleados para el manejo de estos fitoparásitos es el uso de nematicidas químicos, estos productos, aplicados al suelo o directamente sobre las plantas, buscan reducir las poblaciones de nematodos a niveles que no afecten económicamente la producción. No obstante, su uso intensivo ha generado preocupación debido a posibles efectos adversos sobre la salud humana, los organismos benéficos del suelo y el ambiente, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles o el uso racional de estas sustancias bajo esquemas de manejo integrado de plagas (Hernández-Carlos *et al*., 2019). Algunos extractos vegetales tienen potencial para reducir las poblaciones de nematodos, de manera sostenible y ecológica. Su efectividad biológica, baja toxicidad ambiental, el aprovechamiento de recursos locales y la compatibilidad con la agricultura orgánica les confiere ventajas sobre los productos químicos convencionales. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de extractos vegetales sobre nematodos fitoparásitos en cultivo de caña de azúcar bajo condiciones *in vitro*.

Materiales y métodos

Procedencia de los nematodos. Los nematodos fueron obtenidos de plantas de caña de azúcar (MEX 69-290) infestadas con *Pratylenchus* sp. cultivadas en condiciones controladas en el laboratorio de Parasitología y Control Biológico de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. La población fue originalmente colectada en el mes de mayo de 2024 en un cultivo de caña de azúcar de la variedad MEX 69-290 en la localidad del Zapotito, Actopan, Veracruz (Coordenadas: 19.42969, -96.44353).

Extracción y conteo de nematodos. Para cada muestreo, los nematodos fueron extraídos de 100 g de suelo y 50 g de raíz utilizando la técnica de tamizado y decantación de Baker. Posteriormente, los especímenes se montaron temporalmente en agar-agua al 2% y se observaron al microscopio óptico para corroborar su identidad, empleando las claves taxonómicas de Siddiqi (2000). Una vez identificados, los nematodos se cuantificaron en una cámara Sedgwick-Rafter y se determinó la densidad poblacional en función del número de nematodos presentes en 100 g de suelo y 50 g de raíz.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se evaluaron extractos de *Ricinus communis* (90%) y *Tagetes* sp (90%) con tres dosis cada uno (1, 5 y 10%), un control comercial (abamectina 1.67% Tervigo® Syngenta) y un control no tratado. Para esto se utilizó una placa de cultivo celular de 48 pozos, en cada pozo se depositaron 0.5 mL de la solución de extracción que contenía aproximadamente 40 nematodos del género *Pratylenchus*,

posteriormente se añadieron 0.5 mL de la dosis correspondiente de cada tratamiento. En la abamectina se aplicó a una concentración de 2% de producto comercial y al control no tratado únicamente se le agregó agua destilada estéril. La placa se mantuvo a temperatura ambiente y los nematodos fueron monitoreados a las 24, 48 y 72 horas para evaluar su movilidad en respuesta a los tratamientos aplicados. Por último, se realizó un ANOVA Kruskal-Wallis y la prueba de comparaciones múltiples en el software estadístico Infostat.

Resultados y discusión

Los dos extractos evaluados aumentaron la mortalidad de nematodos desde las 24 h en las tres dosis respecto al control, pero siempre fue menor a la mortalidad observada en el tratamiento con abamectina. A las 24 h, el extracto de *Tagetes* al 5% y 10% y el extracto de *R. communis* al 10% mostraron una mortalidad significativamente mayor a la del control. A las 48 y 72 h, todos los extractos evaluados a excepción de la dosis a 1% de *Tagetes* mostraron una mortalidad significativamente mayor a la del control. La mayor mortalidad de *Pratylenchus* por efecto de los extractos evaluados se observó en *R. communis* al 10% y *Tagetes* al 5% 72 h después de la aplicación y no mostraron diferencias significativas con la mortalidad del tratamiento con abamectina (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad (media) de *Pratylenchus* sp. expuesto a diferentes concentraciones de extractos de *Tagetes* sp. y *Ricinus communis in vitro*.

Tratamientos	% de mortalidad de nematodos		
	24 horas	48 horas	72 horas
Extracto de *Tagetes* sp. 1%	13.2de	27.5de	40d
Extracto de *R. communis* 1%	25bcd	37.5cd	72.5bc
Extracto de *Tagetes* sp. 5%	32.5ab	55bc	83.5ab
Extracto de *R. communis* 5%	20cd	45cd	70c
Extracto de *Tagetes* sp. 10%	27.2bc	55bc	72.5bc
Extracto de *R. communis* 10%	27.5bc	65ab	85a
Abamectina	72.5a	86a	93a
No tratado	0d	5e	10d
Estadísticos	*H=60.21, p<0.0001*	*H=68.99, p<0.0001*	*H=68.51, p<0.0001*

Los resultados muestran el potencial nematicida de los extractos de *Tagetes* sp. y *R. communis* sobre *Pratylenchus* sp. En estudios relacionados se ha demostrado que los extractos de *R. communis* provocan entre 73% y 89%, de mortalidad a las 72 horas en dosis altas, lo que coincide con los resultados del presente trabajo (Arboleda *et al*., 2012). Es necesario continuar con la evaluación de los extractos a nivel de campo en conjunto con prácticas de manejo, ya que estudios recientes indican que la implementación de prácticas de conservación del suelo y la aplicación eficiente de productos biorracionales reducen significativamente los daños al cultivo causados por estos parásitos (Degroote *et al*., 2024).

Conclusiones

El uso de extractos vegetales representa una alternativa ecológica para el manejo de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de caña de azúcar específicamente el uso del extracto de *R. communis*, una planta habitual que está a la disposición de los productores de la región. Cabe destacar que se necesitan más estudios a nivel de campo para evidenciar la eficacia de los ingredientes activos utilizados en esta investigación.

Referencias bibliográficas

Arboleda, F. D. J., O. Guzmán A., and L. Mejía F. 2012. Efecto de extractos cetónicos de higuerilla (*Ricinus communis* L.) sobre el nematodo barrenador [*Radopholus similis* (cobb.) thorne] en condiciones *in vitro*. Luna Azul 35:28-47.

Bhuiyan, S. A., K. Sherring, and J. Eglinton. 2024. Parasitic Nematodes of Sugarcane: A Major Productivity Impediment and Grand Challenges in Management. Plant Disease 108(10):2945-2957.

Degroote, E., C. Schoorens, S. Pockelé, B. Stojilković, K. Demeestere, S. Mangelinckx *et al*. 2024. A combination of plant-based compounds and extracts acts nematicidal and induces resistance against Meloidogyne incognita in tomato. Frontiers in Plant Science 15:1411825.

C. Hernández B. and and M. Gamboa A. 2019. Insecticidal and nematicidal contributions of Mexican flora in the search for safer biopesticides. Molecules 24(5):897.

Siddiqi, M. R. 2000. Tylenchida: parasites of plants and insects. CABI.

USO DE BACTERIAS BENÉFICAS PARA EL CONTROL DE *Lasiodiplodia pseudotheobromae*

Oscar Ceballos-Luna[1], Alex Amir López-Márquez[1], Norma Flores-Estévez[1] y Juan Carlos Noa-Carrazana[1*]

[1]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Av. de las Culturas Veracruzanas No 101, Col. Emiliano Zapata, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.
[*]Autor para correspondencia: jnoa@uv.mx

Palabras clave: *Bacillus, Fitopatología, Control biológico, Muerte regresiva, Mango.*

Introducción

México es uno de los principales productores de mango Manila (*Mangifera indica* L.). En la actualidad, ocupa el sexto lugar entre los mayores productores mundiales y lidera las exportaciones de esta fruta posicionándose en el primer lugar en exportaciones de esta fruta (SIAP, 2024). El mango (*M. indica* L.), es un cultivo de gran relevancia, económica y agrícola, es originario de la india y pertenece a la familia *Anacardiaceae*, que incluye aproximadamente 75 géneros y 700 especies, (Martín *et al*., 2021). Se han registrado alrededor de 1000 variedades de mango, aunque solo 10 tienen importancia económica. Las variedades más comunes en México son: Manila, Kent, Keitt, Ataulfo y Tommy, cada una con características distintivas en cuanto a color, forma, fibrosidad, sabor y jugosidad. El mango Manila es de particular importancia para el estado de Veracruz, ya que las condiciones climáticas favorecen su cultivo en casi todo el territorio. Sin embargo, la producción se ve afectada por la presencia de microorganismos patógenos, como bacterias y hongos, que atacan los árboles y disminuyen la calidad del fruto. Recientemente, los productores han enfrentado una enfermedad conocida como “declive” o “muerte regresiva”, provocada por el hongo *Lasiodiplodia pseudotheobromae*. Esta enfermedad representa una amenaza para los cultivos en el estado (Saucedo-Picazo *et al*., 2022) ya que genera síntomas como gomosis, decaimiento, amarillamiento de hojas, necrosis interna y pudrición en tallos, ramas y frutos, lo que puede derivar en la muerte descendente de la planta.

Ante este panorama, es necesario implementar medidas eficaces para contrarrestar el problema. Paralelamente, se busca reducir el uso de estrategias convencionales como los plaguicidas químicos, debido al riesgo que representan para los agroecosistemas. En este contexto, la presente investigación plantea el uso del control biológico como alternativa viable para mitigar los daños causados por el fitopatógeno, con un bajo impacto ambiental. Específicamente, se propone el uso de bacterias aisladas de ambientes extremos para combatir el hongo *L. pseudotheobromae* en el cultivo de mango Manila.

Materiales y métodos

Las bacterias se aislaron de la zona de páramo del Cofre de Perote y del Pico de Orizaba, en Veracruz, así como del suelo de la Laguna de Alchichica, en Puebla. Ambas regiones presentan condiciones extremas únicas. En los páramos de alta montaña, a altitudes superiores a los 4100 m, la cobertura vegetal es escasa, y solo algunas especies, como *Pinus hartwegii* y gramíneas del género *Festuca*, logran sobrevivir. Por otro lado, la Laguna de Alchichica, ubicada en el cinturón neovolcánico de México, se caracteriza por sus suelos altamente alcalinos y la presencia de formaciones microbianas como estromatolitos. En esta zona predominan especies arbustivas como *Brickellia* sp. y cactáceas.

Para la realización de este proyecto, se efectuaron muestreos en cuatro puntos de la zona de páramo del Cofre de Perote y del Pico de Orizaba, a altitudes entre 4152 y 4158 m. Adicionalmente, se llevó a cabo un muestreo en la Laguna de Alchichica, específicamente en la zona con mayor cobertura vegetal. En esta área se trazó un transecto en forma de semiluna de 500 m en la periferia de la laguna, aproximadamente a 20 m del cuerpo de agua, tomando una muestra compuesta cada 100 m, para un total de cuatro puntos de muestreo.

En cada punto de muestreo, se delimitó un radio de 20 m y se colectaron muestras de suelo asociadas a la planta *Brickellia veronicifolia*, la especie más abundante en la zona. Para ello, se utilizó una barrena de PVC de 4.5 cm de diámetro, con la que se extrajo suelo a una profundidad de 15 cm en cada punto cardinal alrededor de la planta. Las muestras fueron depositadas en bolsas Ziploc® y conservadas en condiciones isotérmico hasta su análisis en laboratorio.

Para el aislamiento bacteriano, se empleó la técnica de diluciones seriadas (Figura 1). Se preparó una dilución inicial con 1 g de suelo seco y cernido en 9 mL de medio líquido LB estéril (dilución 10^{-1}). A partir de esta se

realizaron diluciones decimales sucesivas hasta alcanzar una concentración de10^{-5}). De cada dilución, se tomó 1 mL, la cual se incubó en 9 mL de medio LB, bajo agitación constante durante 24 horas a 28°C.
Posteriormente, se sembraron 150 µL de las diluciones 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4} y 10^{-5} en placas Petri con medio LB. Para purificar las cepas, se realizaron al menos tres resiembras por estría, técnica que consiste en rayar la superficie del medio de cultivo con un asa bacteriológica esterilizada, con el fin de obtener colonias puras a partir de un inóculo. Las placas se incubaron durante 24 horas a 28°C.

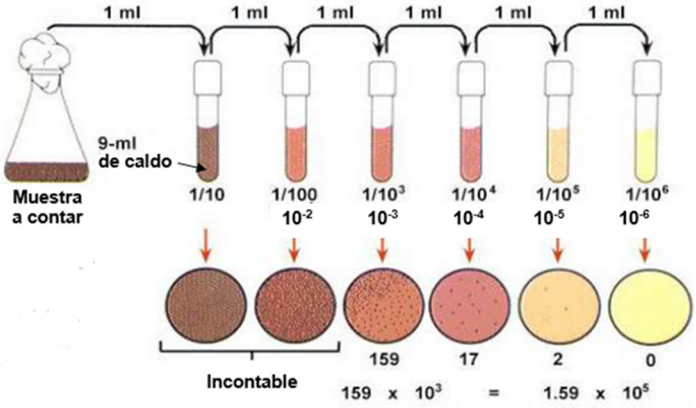


Figura 1. Técnica de diluciones seriadas para el aislamiento de bacterias con potencial antagónico contra *L. pseudotheobromae* (Tomado de Rojas, 2016).

Para evaluar el potencial antagónico de las cepas bacterianas, se empleó una prueba de cocultivo directo. En esta las bacterias se estriaron formando un cuadro alrededor de un taquete micelial del hongo *L. pseudotheobromae*. El crecimiento del micelio se evaluó diariamente durante 7 días, a 28°C. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA de una vía con prueba post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).
Para la identificación molecular de las bacterias con mejor actividad antifúngica, se extrajo ADN genómico mediante choque térmico y se realizó PCR con los cebadores 27f-1492R, siguiendo el protocolo de Guevara *et al*. (2018).

Resultados y discusión
Se aislaron aproximadamente 40 morfotipos bacterianos en el páramo de montaña y 31 del suelo de la Laguna de Alchichica. Se evaluó su actividad antifúngica mediante cocultivo directo. Como resultados se identificaron 11 morfotipos con potencial antagónico en el páramo y cinco en Alchichica.
De los morfotipos con potencial antagónico, se seleccionaron seis morfotipos con mayor actividad: tres provenientes del páramo (dos del Cofre de Perote y uno del Pico de Orizaba) y tres de Alchichica. Todos mostraron una inhibición del crecimiento micelial del hongo *L. pseudotheobromae* entre el 70 y 80% con una notable diferencia significativa en comparación con el control (ANOVA $p<0.05$). Estos resultados evidencian la capacidad para competir y restringir el crecimiento de este hongo.
Según Villamil *et al*. (2014), la competencia por recursos es una estrategia clave en el control biológico, ya que permite a las bacterias colonizar el medio de forma más rápida y eficiente, inhibiendo el desarrollo del hongo fitopatógeno.
La caracterización molecular permitió identificar a las tres bacterias del páramo como pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Brevibacillus* y *Providencia*. En cuanto a los aislamientos provenientes de Alchichica, las tres fueron identificados dentro del género *Bacillus*.
Los géneros *Bacillus* y *Brevibacillus* han sido ampliamente descritos como agentes efectivos de control biológico, debido a su capacidad para emplear diferentes mecanismos de antagonismo, como la antibiosis, competencia (¿competencia de qué?), así como la inducción de resistencia sistémica en las plantas (Zhang *et al*., 2023).

Conclusiones
Se demostró el potencial y la eficacia de bacterias aisladas de suelos provenientes de ambientes extremos como los páramos del Cofre de Perote y el Pico de Orizaba, así como la laguna salina de Alchichica para antagonizar

al hongo *L. pseudotheobromae* en condiciones *in vitro*. Estos resultados sugieren que los morfotipos bacterianos identificados podrían ser incorporados en estrategias sostenibles de manejo fitosanitario, particularmente en el cultivo de mango afectado por este fitopatógeno.

Referencias bibliográficas

Martín, H. S., R. Pérez V., R. Muy M. D., O. Vargas M. A. y O. Quintana E. A. 2021. Caracterización del polvo y pectina del pericarpio del mango (*Mangifera indica* L.) 'Ataulfo' maduro y análisis FODA para su procesamiento. TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas (23):1-10.

Zhang, Z., Yang D., Yang B., Gao Z., Li M., Jiang Y. y Hu, M. 2013. β-Aminobutyric acid induces resistance of mango fruit to postharvest anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and enhances activity of fruit defense mechanisms. Scientia Horticulturae (160): 78-84. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.023

SADER (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural). 2020. El Rey de las frutas tropicales: Mango. Recuperado el 16 de junio del 2025 de: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-rey-de-las-frutas-tropicales-mango

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Productores mexicanos baten récord de producción anual de mango en la última década: Agricultura. Recuperado el 16 de junio del 2025: https://www.gob.mx/agricultura/prensa/productores-mexicanos-baten-record-de-produccion-anual-de-mango-en-la-ultima-decada-agricultura

Saucedo-Picazo, L. E., Hernández-Montiel, L. G., Flores-Estévez, N., Gerez-Fernández, P., Arguello-Ortíz, A. F., and Noa-Carrazana, J. C. 2022. Coinfection and in vitro interaction of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* and Pestalotiopsis mangiferae associated with dieback in branches of mango (*Mangifera indica*) Manila variety, in Veracruz, Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 3(40).

Villamil, J. E. C., S. Viteri E. R., W. Villegas L. O. 2014. Aplicación de Antagonistas Microbianos para el Control Biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. Bajo Condiciones de Campo. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín 68(1):7441-7450.

BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN PLÁNTULAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Félix David Murillo-Cuevas[1], Jacel Adame-García[1]*, Adriana Elena Rivera-Meza[1], José Antonio Fernández-Viveros[1], Feliciana Noemi Silva-Ventura[1] y Héctor Cabrera-Mireles[2]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, km 4.5 carr. Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván. CP 91667, Veracruz. México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, carretera federal Veracruz-Córdoba, km 34.5. Medellín de Bravo. CP. 94992, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx

Palabras clave: *Hortalizas, Bacillus subtilis, Stenotrophomonas, Rhizophagus intraradices.*

Introducción

En México se tiene una producción de jitomate de aproximadamente 3,636,927 t en una superficie sembrada de 49,522 ha, siendo los estados de mayor producción Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco y Morelos (SIAP, 2023). El cultivo de jitomate es uno de los más importantes para la economía y alimentación en nuestro país. La producción de plántulas de jitomate de alta calidad permite a los productores reducir la pérdida de semilla, acortar el tiempo de trasplante, disminuir la pérdida de plantas en suelo y lograr una mejor aclimatación al medio del trasplante final, aumentando el éxito del cultivo (Lazcano-Bello *et al*., 2021). La nutrición es uno de los factores que permite el éxito en la producción de plántulas de jitomate, y de la calidad de la plántula dependerá la producción del cultivo (Lazcano-Bello *et al*., 2021); de tal forma que es importante el uso de estimulantes biológicos que mejores la calidad de las plántulas de jitomate.

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) son utilizadas en formulaciones de bioestimulantes vegetales que promueven el crecimiento vegetal a través de la solubilización de minerales y fijación de nitrógeno, o mediante procesos genéticos y fisiológicos que estimulan la producción de fitohormonas, enzimas, lipopolisacáridos y compuestos orgánicos (Vocciante *et al*., 2022). Estos bioestimulantes microbianos también mejoran la tolerancia al estrés biótico y abiótico al activar genes del sistema de defensa de la planta y producir fenólicos, enzimas, aminoácidos y ácidos orgánicos (Vocciante *et al*., 2022). El objetivo del trabajo fue identificar a las bacterias promotoras del crecimiento vegetal que tengan efecto como bioestimulante en plántulas de jitomate.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Tecnológico Nacional de México, campus Úrsulo Galván (ITUG), ubicado en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw según Koppen-Geiger), con temperaturas entre 24 y 26°C y precipitaciones anuales de 1100 y 1300 mm.

Se emplearon semillas de jitomate variedad Atrevido HM®, inoculadas con tres bacterias: B1= *Bacillus subtilis* FDMC1; B2= *Stenotrophomonas* sp. JAG2 y B3= *Bacillus wiedmannii* JAG3, con o sin micorriza (M) (*Rhizophagus intraradices*) de INIFAP. Se establecieron diez tratamientos, los cuales fueron: T1-T3 (bacterias individuales), T4 (combinación de las bacterias), T5 (M) (solo micorriza); T6-T9 (combinaciones bacteria-micorriza) y T10) (testigo sin inoculación). En los tratamientos con micorriza (T5-T9), la inoculación se realizó antes de la siembra. Los tratamientos se aplicaron semanalmente durante 45 días, usando 1 mL de solución bacteriana (106 UFC/mL al 20%) por aplicación. Las variables de respuesta fueron: altura de plántula (cm), longitud de raíz (cm), peso seco de plántula (g) y peso seco de raíz (g). La significancia de las diferencias entre tratamientos se evaluó mediante un análisis de varianza (ANOVA). En los casos en que se identificarán diferencias significativas ($p \leq 0.05$), se empleó una prueba de comparación de medias de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2020.

Resultados y discusión

La aplicación de las bacterias promotoras del crecimiento tuvo un efecto significativamente ($p<0.05$) positivo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de jitomate, además se obtuvo un efecto sinérgico con la aplicación de micorriza (Figuras 1 y 2). Las bacterias *B. subtilis* y *Stenotrophomonas* sp. combinadas con la aplicación de micorrizas tuvieron en promedio un mayor efecto bioestimulante sobre la altura de plántula y longitud de raíz

(Figura 1a y 1b). En la altura de plántulas *B. subtilis* con y sin micorriza fueron estadísticamente iguales entre si a diferencia de *Stenotrophomonas* sp. (Figura 1a), caso contrario a lo obtenido en la longitud de raíz, donde *Stenotrophomonas* sp. con y sin micorrizas fueron estadísticamente iguales entres si a diferencia de *B. subtilis* (Figura 1b). El uso de micorriza sin bacterias incrementó la altura de la plántula y longitud de raíz de la plántula en comparación a las plántulas testigo. Además, las bacterias en pull con y sin micorriza no tuvieron un efecto importante a diferencia de las bacterias de manera individual (Figura 1). El valor más alto obtenido con la aplicación de *Stenotrophomonas* sp. y micorriza incrementaron 7.5 cm (57.6%) y 7.8 cm (65.2%) la altura de la plántula y longitud de la raíz respectivamente, en relación con las plántulas testigo.

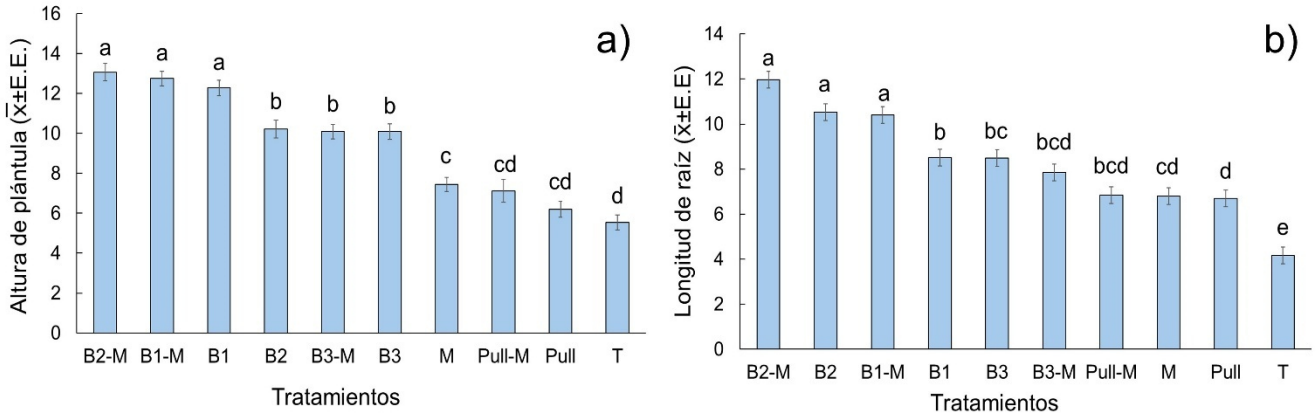


Figura 1. Efecto de bacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre: a) altura de plántula (cm) y b) longitud de la raíz de la plántula (cm). B1= *Bacillus subtilis* FDMC1, B2= *Stenotrophomonas* sp. JAG2, B3= *Bacillus wiedmannii* JA, M= Micorriza, Pull= todas las bacterias juntas. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (p <0.05).

El peso seco de plántula y raíz se incrementó significativamente (p<0.05) con la aplicación de las bacterias y la interacción entre estas y la micorriza (Figura 2). Los mejores resultados se obtuvieron con *Stenotrophomonas* sp. con y sin micorriza para el peso seco de la plántula (Figura 2a) y *Stenotrophomonas* sp. y *B. subtilis* con micorriza para el peso seco de la raíz (Figura 2b). La micorriza sin bacterias mejoró el peso seco de plántulas y raíz de plántulas en comparación de las plantas testigo. El peso seco promedio de plántulas y raíces obtenidos con el pull de bacterias con y sin micorrizas no superaron al peso obtenidos de plántulas y raíces testigos (Figura 2a y 2b). Con el valor más alto obtenido con la aplicación de *Stenotrophomonas* sp. y micorriza se incrementó 0.1 g (66.7%) y 0.02 g (66.7%) el peso seco de la plántula y raíz respectivamente, en relación con las plántulas testigo.

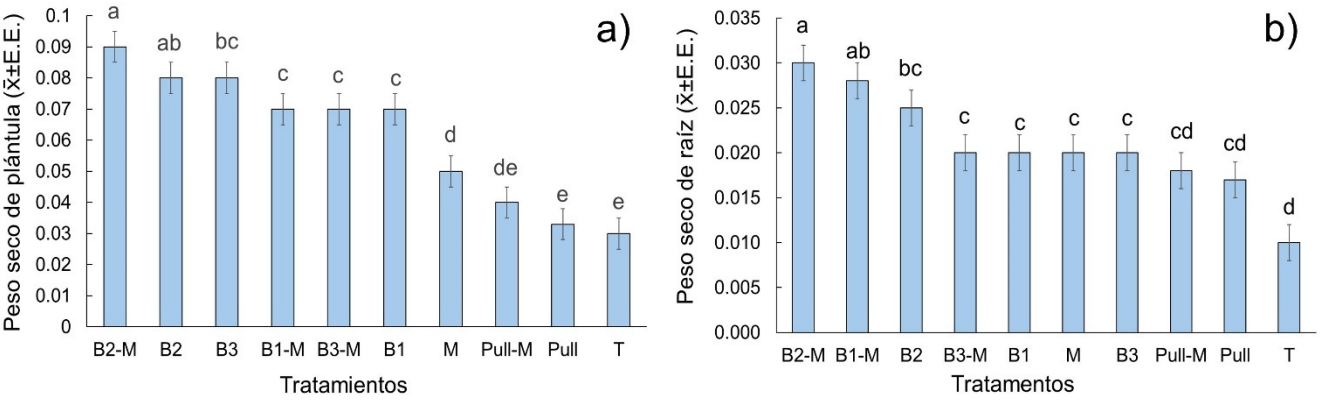


Figura 2. Efecto de bacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre: a) peso seco de plántula (g) y b) peso seco de la raíz de la plántula (g). B1= *Bacillus subtilis* FDMC1, B2= *Stenotrophomonas* sp. JAG2, B3= *Bacillus wiedmannii* JA, M= Micorriza, Pull= todas las bacterias juntas. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (p <0.05).

Los resultados del trabajo demuestran el efecto estimulante de las BPCV que fueron evaluadas, como lo han reportado en otros trabajos para las bacterias BPCV del género *Azospirillum*, las cuales incrementan hasta un 23% la altura de las plántulas de jitomate y en un 52% el área foliar (Cruz-Romero *et al*., 2016). Además, a diferencias de los resultados obtenidos, se han reportado que un bioestimulante formulados con un pull de bacterias del género *Bacillus* ha incrementado significativamente el peso seco de plántulas de jitomate en 28.6% (Murillo-Cuevas *et al*., 2023). Sin embargo, este incremento fue inferior a lo obtenido en este trabajo.

Conclusiones

Las bacterias *Stenotrophomonas* sp. y *B. subtilis* con y sin micorrizas fueron las de mayor efecto bioestimulante de la calidad de plántulas de jitomate, haciéndolas más grandes y pesadas. La bacteria *Bacillus wiedmannii* mejoró significativamente el tamaño y peso de las plántulas de jitomate en comparación con plántulas testigo. La micorriza favoreció el efecto bioestimulante de las bacterias en la longitud y peso seco de la raíz. La combinación de bacterias en un pull no tuvo un efecto importante en la promoción del desarrollo de las plántulas de jitomate.

Referencias bibliográficas

Cruz-Romero, W., J. M. Barrios-Díaz, M. D. L. N. Rodríguez-Mendoza, D. Espinoza-Victoria y J. L. Tirado-Torres. 2016. Producción de plántulas de hortalizas con *Azospirillum* sp. y aspersión foliar de miel de abeja. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(1):59-70.

Lazcano-Bello, M. I., E. Sandoval-Castro, M. A. Tornero-Campante, B. N. Hernández-Hernández, I. Ocampo-Fletes y R. Díaz-Ruíz. 2021. Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 12(1):61-76.

Murillo-Cuevas, F. D., J. Adame-García, J. A. Fernández-Viveros y H. Cabrera-Mireles. 2024. Genifix® un bioestimulante microbiano que mejora la calidad de plántulas y frutos de jitomate. RINDERESU 8(1-2):11-20.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Resumen nacional por cultivo y variedad. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Vocciante, M., M. Grifoni, D. Fusini, G. Petruzzelli and E. Franchi. 2022. The role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in mitigating plant's environmental stresses. Applied Sciences 12(3):1231.

RESPUESTA DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) A LA APLICACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE MICROBIANO BAJO ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA REDUCIDA

Jacel Adame-García[1], Félix David Murillo-Cuevas[1]*, José Antonio Fernández-Viveros[1], Adriana Elena Rivera-Meza[1] y Héctor Cabrera-Mireles[2]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, km 4.5 carretera Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván, Ver., México. C.P. 91667.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Ver., México. C.P. 94992.
*Autor para correspondencia: felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

Palabras clave: *Bajos insumos, Mazorca, Bacillus subtilis, Stenotrophomonas, Agricultura sustentable*.

Introducción

El maíz de grano es uno de los cultivos que genera más valor económico para México, con una producción de 27,549,917 t en el año 2023, siendo el estado de Sinaloa el de mayor producción con 6,656,330 t, seguido de los estados de Jalisco, Michoacán, México, Guanajuato, Chihuahua, Guerrero y Veracruz (SIAP, 2023). En el estado de Veracruz se siembran aproximadamente 598,902 ha, con una producción de 1,343,227 t, ocupando el octavo lugar en producción (SIAP, 2023).

La fertilización en el cultivo de maíz es uno de los factores más limitantes para conseguir altos rendimientos, así como una adecuada aplicación de nitrógeno al suelo produce un aumento del rendimiento en grano. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos ha provocado problemas ambientales de contaminación de agua y suelo, perdida de la biodiversidad del suelo e incrementos en el costo de producción (Galindo *et al.,* 2020). De tal forma que es necesario implementar alternativas de producción de bajos insumos que utilicen bioestimulantes microbianos para mejorar el desempeño del cultivo.

Los bioestimulantes microbianos promueven el crecimiento vegetal a través de la solubilización de minerales y fijación de nitrógeno, así como a través de la producción de fitohormonas, enzimas, polisacáridos y compuestos orgánicos. También ayudan a la tolerancia del estrés biótico al activar genes de defensa en la planta y producir fenoles, enzimas, aminoácidos y ácidos orgánicos (Vocciante *et al.,* 2022).

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de dosis reducidas de fertilización química con y sin aplicaciones de un bioestimulante microbiano en parámetros de calidad de elote en maíz.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el municipio Puente Nacional, Veracruz, México, (19°33'60.26" latitud Norte y 96°56'44.89" longitud Oeste, 160 m), con precipitación media anual de 979 mm y temperatura media anual de 26.5°C. La siembra se realizó en el ciclo productivo primavera-verano en un suelo con las siguientes características: pH 6.98, CE 85.5 µS, DAP 1.4 g/mL, Arena 33.64%, Limo 34.16%, Arcilla 32.20%, M.O. 1.82%, K 0.19 Cmol/kg, Ca 14.07 Cmol/kg, Mg 4.43 Cmol/kg, N 0.13% y P 10.8 mg/L.

Se empleó semilla de maíz elotero Asgrow® 7573 Hibrido B/1. La densidad de siembra fue de 70,000 plantas/ha, cada parcela experimental fue de dos surcos de 0.8 m por 50 m de longitud por tratamiento y se consideraron 10 plantas centrales de cada surco. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar.

Se empleó un esquema de fertilización química convencional con una formulación NPK de 200-50-40, aplicada en cuatro niveles (100%, 75%, 50% y 25%), con y sin la incorporación de bioestimulante, excepto el 100%, el cual se utilizó como control o testigo. Los tratamientos evaluados fueron siete: T1) química 100% (FQ100); T2) química 75% + bioestimulante (FQ75+B); T3) química 50% + bioestimulante (FQ50+B); T4) química 25% + bioestimulante (FQ25+B); T5) química 75% (FQ75), T6) química 50% (FQ50) y T7 química 25% (FQ25).

En los tratamientos con aplicaciones del bioestimulante a base de una combinación de bacterias (*Bacillus subtilis* FDMC1, *Stenotrophomonas* sp. JAG2, *Bacillus wiedmannii* JAG3, *Priestia megaterium* JAFV4 y *P. megaterium* AERM5), se aplicó cada 20 días directo al suelo, 100 mL por planta a una dosis del 20% (v/v) a una concentración de 106 UFC/mL de cada cepa. Las variables de respuesta fueron peso del elote con hoja y sin hoja (g), largo y ancho del elote (cm), número granos y número de hileras por elote. La significancia de las diferencias entre tratamientos se evaluó mediante un análisis de varianza (ANOVA). En los casos en que se identificarán

diferencias significativas ($p<0.05$), se empleó una prueba de comparación de medias de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStar versión 2020.

Resultados y discusión

Las dosis reducidas de fertilización química afectaron significativamente ($p<0.05$) las variables respuesta del maíz (Cuadro 1), obteniéndose valores más bajos en peso y tamaño de elote al reducirse la fertilización en un 75, 50 y 25%. Sin embargo, con la aplicación del bioestimulante microbiano, la fertilización reducida en un 75% produjo en promedio elotes del mismo peso y tamaño que las que se obtuvieron con el 100% de fertilización química. Además, con una fertilización reducida al 50% más las aplicaciones del bioestimulante se obtuvieron en promedio elotes con el mismo peso y tamaño que las que se lograron con el 75% de fertilización química sin el bioestimulante.

Cuadro 1. Efecto de dosis reducidas de fertilización química y un bioestimulante microbiano en el peso y tamaño de elote.

Tratamientos	Peso de elote (g)		Tamaño de elote (cm)	
	Con hoja	Sin hoja	largo	ancho
FQ100%	419.80±8.3^{a}	232.15±3.9^{a}	23.47±0.3^{a}	15.28±0.2^{a}
FQ75%+B	416.05±8.6^{a}	230.60±5.8^{a}	22.74±0.5^{a}	15.11±0.2^{a}
FQ75%	363.40±9.0^{b}	203.80±5.0^{b}	19.95±0.3^{b}	13.74±0.2^{b}
FQ50%+B	342.60±6.5^{b}	200.45±5.8^{b}	19.87±0.4^{b}	13.62±0.3^{b}
FQ50	298.60±7.2^{c}	168.45±4.0^{c}	17.50±0.3^{c}	12.35±0.2^{c}
FQ25%+B	201.35±9.2^{d}	130.45±7.6^{c}	16.85±0.5^{c}	12.32±0.3^{c}
FQ25%	191.25±9.4^{d}	118.20±9.2^{d}	14.85±0.7^{d}	11.35±0.4^{c}
CV (%)	13.2	14.3	10.6	8.3

FQ100= química 100%; FQ75+B= química 75% + Bioestimulante; FQ50+B= química 50% + Bioestimulante; FQ75= química 75%; FQ50= química 50%. C.V.= Coeficiente de variación. Los datos se presentan con ± E.E. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

El T2: con aplicaciones del bioestimulante y una fertilización química al 75%, incrementó el peso del elote con y sin hoja en un 52.7 g (12.7%) y 26.8 g (11.6%) respectivamente, así como su tamaño en 2.8 cm de largo (12.3%) y 1.4 cm de ancho (9.1%), lo que permitió una calidad igual a la obtenida con el 100% de la fertilización química. Con el 50% de la fertilización y las aplicaciones del bioestimulante el peso del elote con y sin hoja se incrementó en 44 g (12.8%) y 32 g (16%) respectivamente, además del largo del elote en 2.4 cm (11.9%) y el ancho en 1.3 cm (9.3%), igualando la calidad del elote a la que se obtuvo con el 75% de fertilización sin bioestimulante.

El número de granos e hileras por elote fueron afectados significativamente ($p<0.05$) con las dosis reducidas de fertilización química (Figura 1). Sin embargo, con las aplicaciones del bioestimulante, los elotes obtenidos con una fertilización al 75% fueron estadísticamente iguales en número e hileras de granos que los elotes obtenidos con el 100% de la fertilización.

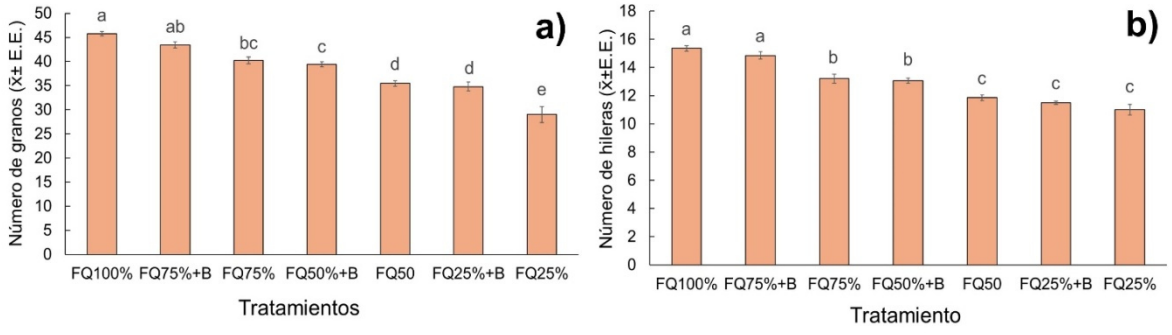


Figura 1. Efecto de dosis reducidas de fertilización química y un bioestimulante microbiano en el número promedio de granos e hileras de granos por elote. FQ100= química 100%; FQ75+B= química 75% + Bioestimulante; FQ50+B= química 50% + Bioestimulante; FQ75= química 75%; FQ50= química 50%. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Con las aplicaciones del bioestimulante y una fertilización del 50% se obtuvieron elotes estadísticamente iguales en número e hileras de granos que las obtenidas con una fertilización química al 75% sin bioestimulante. Con las aplicaciones del bioestimulante y una dosis del 75% de la fertilización se incrementó en promedio 3.2 granos de maíz (7.4%) y 1.7 hileras de granos (11.1%). Al 50% de fertilización el bioestimulante incremento en promedio 4.0 granos (10.1%) y 1.2 hileras de granos de maíz (9.2%).

Los resultados que se obtuvieron en cuanto a la calidad del elote con una dosis reducida al 75% de fertilización química con aplicaciones del bioestimulante hace evidente el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal como lo han reportado en maíz azul con un consorcio de cianobacterias, donde se obtuvieron rendimientos similares con y sin fertilización química (Hernández-Reyes *et al.,* 2019). Además, han reportado que la combinación de micorrizas y *Azospirillum brasilense*, que es una bacteria promotora del crecimiento vegetal, mejoran significativamente la altura y diámetro de la planta de maíz con dosis de fertilización del 50%, siendo iguales los resultados a los obtenidos con el 100% (Montejo-Martínez *et al.,* 2018).

Conclusiones

Las dosis reducidas de fertilización química sin aplicaciones del bioestimulante afectaron significativamente el peso, tamaño, número de granos e hileras de granos de elote.

Con el T2, se obtiene un ahorro del 25% en la fertilización química, lográndose una calidad de elote igual a la alcanzada con el testigo T1: 100% de la fertilización química.

Las aplicaciones del bioestimulante con tasas reducidas de fertilización al 50 y 75% en maíz, incrementaron significativamente el peso, tamaño, número de granos e hileras de granos de elote en comparación a lo obtenido sin aplicaciones.

Referencias bibliográficas

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Resumen nacional por cultivo y variedad. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Galindo, L. A. G., A. Rivas C., J. Melendez P. y N. Mayorquín. 2020. Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. Scientia Tech. 25(1):172-183.

Hernández-Reyes, B. M., M. C. Rodríguez-Palacio, P. Castilla-Hernández, J. Sánchez-Robles, G. Vela-Correa and B. Schettino-Bermúdez. 2019. Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. Rev. Latinoam. Biotec. Amb. Algal. 10(1):13-27.

Montejo-Martínez, D., F. Casanova-Lugo, M. García-Gómez, I. Oros-Ortega, V. Díaz-Echeverría y E. R. Morales-Maldonado. 2018. Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. Agron. Mesoam. 29:325-341.

Vocciante, M., M. Grifoni, D. Fusini, G. Petruzzelli and E. Franchi. 2022. The role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in mitigating plant's environmental stresses. Appl. Sci. 12(3):1231.

ACTIVIDAD EDÁFICA DE LA TUZA (*Orthogeomys hispidus* L.) EN AGROENTORNOS CAÑEROS DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

Arturo Heribia-Virués[1]*, Miguel Ángel Rodriguez-Chiunti[1] y Adán Vidal-Gamboa[1]

[1]Tecnológico Nacional de México Campus Cosamaloapan. Av. Tecnológico S/N, Col. Las Mariposas. C.P. 95400. Cosamaloapan, Ver.
*Autor para correspondencia: arturo.hv@cosamaloapan.tecnm.mx

Palabras clave: *Agroentornos, Tuza, Caña de azúcar.*

Introducción

La interrelación entre los animales y su medio ambiente son aspectos importantes de la biología de cualquier especie, estas interacciones influyen en aspectos morfológicos, fisiológicos y reproductivos y determinan, entre otros, los sitios donde viven los individuos, por consiguiente estos aspectos influyen en el tamaño poblacional, lo que condiciona los patrones de natalidad, mortalidad, dispersión, etc., en muchas ocasiones, los campos cañeros se convierten en el hábitat preferido de las tuzas (*Orthogeomys hispidus* L.), las cuales se les considera perjudicial por su alimentación y hábitos fosoriales lo que provocan la disminución de cepas y por lo tanto una disminución en la productividad de la parcela y un incremento en los costos de producción (Verdejo, 2013). El presente estudio se estableció con el propósito de generar información sobre la dinámica poblacional y cuantificar la actividad edáfica de la tuza en agroentornos cañeros en la zona de abasto de Industrial Azucarera San Cristóbal, S.A. de C.V.

Materiales y métodos

El estudio se efectuó entre los meses de enero y febrero, en una parcela barbechada o “volteo de cepa” en la zona de abasto de Central Azucarera San Cristóbal. Se estableció un diseño experimental en bloques para estimar la actividad edáfica de la tuza para lo cual se utilizaron las técnicas de barrido y Open-Hole (Durán, 1991) y se diseñó un programa de monitoreo para cuantificar la actividad edáfica (Pérez, 2019), el cual consistió en contabilizar los nuevos brotes o montículos y marcarlos con una bandera de color, específico para cada día, para llevar un registro temporal y espacial de dicha actividad.

Resultados y discusión

Es evidente el grado de actividad edáfica, 24 horas después del paso de barbecho se contabilizan 24 montículos nuevos (Figura 1), los cuales muestran de forma indirecta la actividad cavadora y fosorial de la especie en cuestión, la distribución espacial de dicha actividad (Figura 2), nos muestra una mayor presencia hacia la zona colindante a la parcela donde existe un microentorno de árboles y malezas, con esta información, se puede establecer un programa de manejo integrado del roedor que ayude a disminuir los daños indirectos por el hábito fosorial y directos al cultivos.

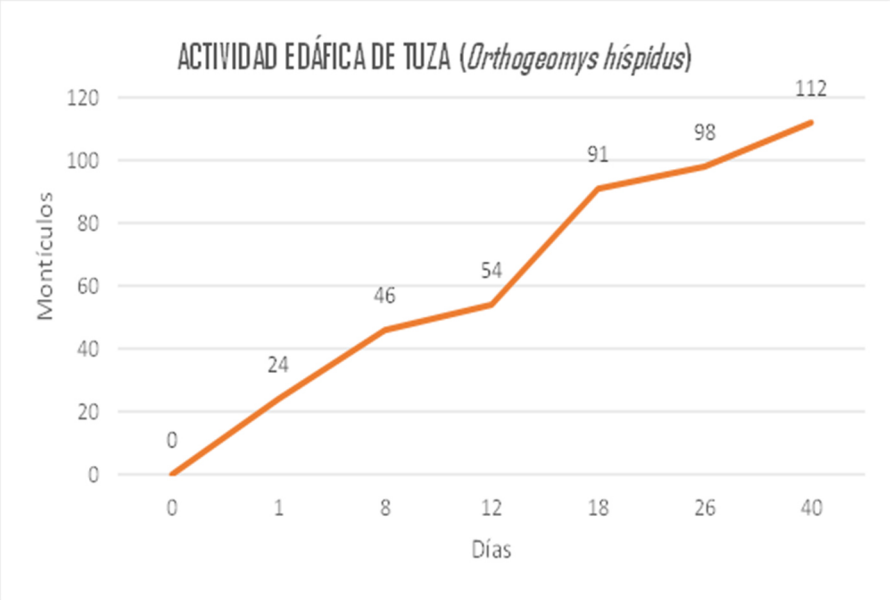


Figura1. Número de montículos.

Si la población de tuzas no se reduce con el establecimiento de una estrategia de manejo, pueden llegar a repoblar una parcela barbechada en un periodo de entre 30 a 40 días, periodo que tarda en emerger el “pelillo” o planta nueva de caña.

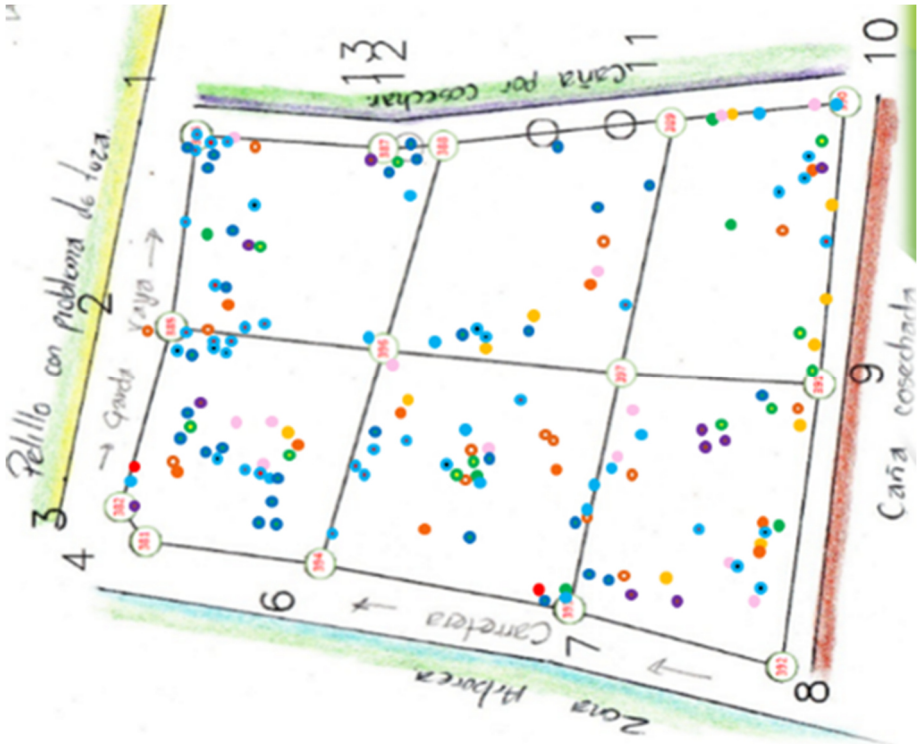


Figura 2. Densidad y dinámica poblacional de la tuza (*Orthogeomys hispidus*).

Conclusiones

Conocer la dinámica poblacional, mediante el reconocimiento de la actividad edáfica de la tuza, nos permite el diseño y establecimiento de un programa de manejo integrado del roedor, enfocando nuestros esfuerzos en las áreas de mayor actividad dentro de la parcela para disminuir el uso de agroquímicos y reducir los daños al cultivo

y afectaciones a la estructura del suelo. Debido a los hábitos fosoriales y subterráneos que caracterizan a la especie, es difícil determinar, de forma directa, una densidad poblacional, por lo que debe evaluar la actividad edáfica.

Referencias bibliográficas

Durán M., E. 1991. Métodos simples para la evaluación de actividad biológica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, UNAM. https://repositorio.unam.mx/contenidos/3449083

Pérez L., A. 2019. Actividad edáfica de la tuza (*Orthogeomys hispidus*) en un área de reposo del cultivo de caña de azúcar en la localidad de San Francisco Oyozontle, Cosamaloapan, Ver. Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan.

Verdejo L., R. 2013. “Implementación de las técnicas de barrido y Open-Hole para la evaluación de la efectividad biológica de un anticoagulante en el control de tuzas en el cultivo de caña de azúcar, en el ingenio central motzorongo, S.A. de C.V.”. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. UV. https://cdigital.uv.mx/server/api/core/bitstreams/4349b937-5d24-4316-8a5d-e1098ba9fd87/content

CONCENTRACIONES DE MICRONUTRIMENTOS EN RAÍCES DE DIFERENTES CULTIVARES DE ARROZ EXPUESTOS A ESTRÉS OSMÓTICO

Emmanuel Alexander Enríquez-Acosta[1*], Fernando Carlos Gómez-Merino[1], Libia Iris Trejo-Téllez[1] y Edgar Córdoba-Ayerde[2]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, México. C. P. 56264.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, carretera México-Texcoco, km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56227
*Autor para correspondencia: enriquez.emmanuel@colpos.mx

Palabras clave: *Poaceae, Oryza sativa, Polietilenglicol, PEG, Cultivos básicos.*

Introducción

El grano de arroz (*Oryza sativa* L.) es el alimento básico más consumido por la mayor parte de la población humana, cultivándose en más de 120 países y territorios alrededor del mundo (Li *et al*., 2024). Se estima que un 75% de la superficie dedicada a este cultivo es de riego, por lo que el cambio climático representa una grave amenaza por sus efectos en el abastecimiento de agua y la irregularidad de las precipitaciones que ocasiona. Aunado a ello, en México se importa más del 80% del arroz que se consume (Virgilio-León *et al*., 2024), y el país es uno de los más vulnerables a los efectos del cambio climático global. Debido a ello, es necesario conocer a detalle cómo es que los diferentes genotipos de arroz que existen en el mundo pueden responder al estrés osmótico ocasionado por deshidratación o sequía, y explorar cuáles de ellos se pueden adaptar en México. El Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) con sede en Los Baños, Filipinas, mantiene la colección de germoplasma de arroz más grande del mundo, con más de 132,000 accesiones de arroz cultivado y especies silvestres (https://www.irri.org/international-rice-genebank). En México, el Banco de Germoplasma de Arroz albergado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en su Campo Experimental de Zacatepec, Morelos, cuenta con 3 mil genotipos procedentes de diferentes partes del mundo, con las características agronómicas, morfológicas y de calidad del grano de cada accesión, debidamente documentados en un sistema de datos, a fin de que los investigadores que lo demanden, tengan conocimiento de cada uno de ellos para utilizarse en la generación de nuevas variedades (https://www.gob.mx/inifap/articulos/banco-de-germoplasma-de-arroz-del-inifap-util-para-la-generacion-de-nuevas-variedades). Dentro de este vasto germoplasma, las variedades Nipponbare, IR64 y IR57 se han empleado para hacer diferentes estudios comparativos. Estas variedades tienen origen genético distinto: Nipponbare es una variedad de la subespecie *japonica* que ha mostrado tolerancia a la sequía; mientras que, IR64 e IR57 son de la subespecie *indica*; Nipponbare e IR64 han mostrado cierto grado de tolerancia a la sequía, mientras que IR57 es más tolerante a este fenómeno. La sequía ocasiona una serie de alteraciones en diversos procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares, especialmente por el estrés osmótico que genera. Este tipo de estrés tiende a disminuir la capacidad de las raíces para absorber agua y nutrimentos, y tal capacidad es dependiente del genotipo, de las plantas y de las condiciones de manejo. En este estudio se analizó la concentración de los micronutrimentos hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B) en raíces de tres variedades de arroz: Nipponbare, IR57 y IR64 en respuesta a la exposición a estrés osmótico ocasionado por polietilenglicol 6000 (PEG 6000) en un experimento conducido en invernadero en condiciones de hidroponía.

Materiales y métodos

Semillas de arroz de las variedades Nipponbare, IR57 e IR64 fueron desinfectadas con etanol al 70% por 5 min e hipoclorito de sodio al 3%, durante 30 min. Después, fueron enjuagadas con agua estéril cinco veces y secadas en papel filtro. Posteriormente, las semillas fueron germinadas en frascos con medio MS, suplementado con 3% (p/v) de sacarosa y solidificado con 0.8% de agar.

Dos semanas después de la germinación, las plántulas fueron transferidas a macetas de 4 L conteniendo solución nutritiva de Hoagland (-0.14 MPa) y una vez que alcanzaron los 35 días de edad se aplicó el tratamiento de PEG (-0.70 MPa) por 48 h. El pH de la solución se mantuvo entre 5.5 y 6.0. El estrés osmótico de -0.70 MPa fue ocasionado por la aplicación de 220 g PEG 6000/L, durante la etapa vegetativa (macollamiento). A las 48 h

después de la aplicación de tratamientos, las plantas fueron cosechadas y separadas en vástago y raíz para determinar peso de biomasa seco y concentraciones de Fe, Zn, Mn y B en raíces. Se condujo un experimento factorial 3 × 2 (Variedades, PEG 6000). Con los datos se realizó un análisis de varianza y las medias fueron comparadas por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

La exposición al estrés osmótico inducido por PEG 6000 disminuyó la concentración de Fe en las variedades IR57 y Nipponbare, pero tuvo un aumento en IR64. El Zn también disminuyó en las tres variedades, aunque las diferencias solo fueron significativas para IR57 y Nipponbare. Igualmente, la concentración de Mn disminuyó en las tres variedades expuestas a PEG, pero las diferencias solo fueron significativas en IR57 y Nipponbare. Para B, la concentración más alta se observó en plantas testigo de Nipponbare, en tanto que IR64 e IR57 no tuvieron afectación en la concentración de B por el tratamiento con PEG.

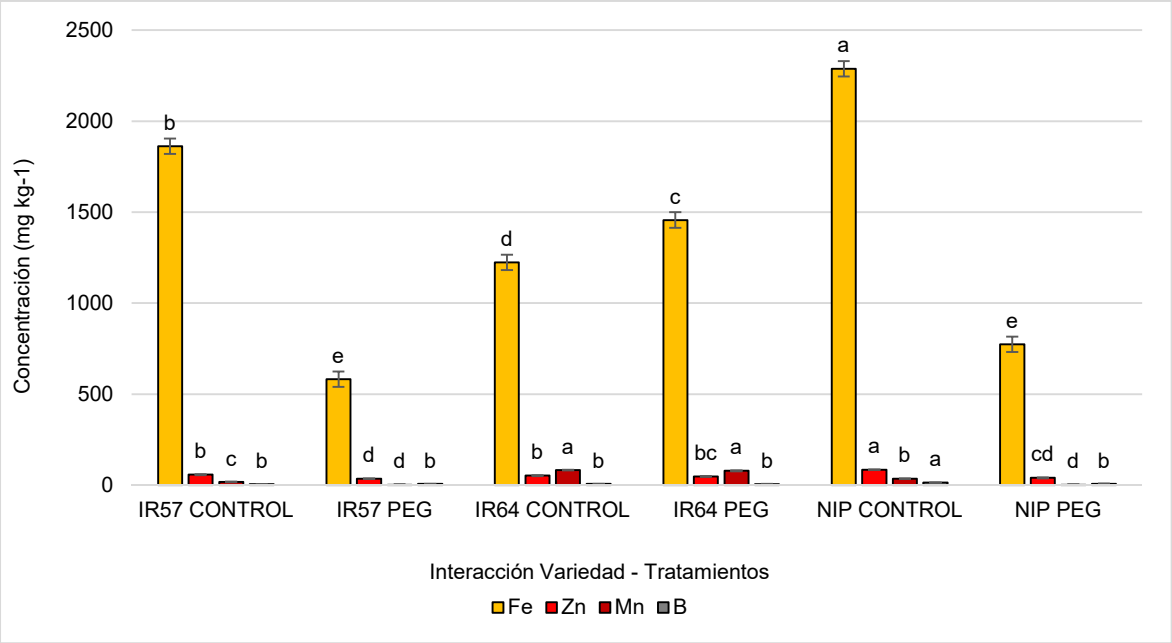


Figura 1. Efecto de la interacción de los factores Variedad × PEG 6000 en la concentración de hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B) en raíces de arroz (*Oryza sativa* L.) de las variedades IR57, IR64 y Nipponbare. Medias ± error estándar con literales distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

De estos resultados destaca el hecho que la variedad IR64 fue la menos afectada por el estrés osmótico inducido por PEG en cuanto a concentraciones de micronutrimentos. Esta variedad ha mostrado un nivel medio de tolerancia a la sequía (Castillo *et al*., 2007); mientras que, IR57 y Nipponbare son más susceptibles a este fenómeno (Gómez-Merino *et al*., 2008, Mackill y Khush, 2018).

Conclusiones

El estudio reflejó una respuesta diferencial de las variedades al estrés osmótico inducido por PEG. Las variedades más susceptibles fueron IR57 y Nipponbare, en tanto que IR64 fue más tolerante. Incluso, aun en condiciones de estrés osmótico, IR64 logró aumentar sus concentraciones de Fe, y mantuvo sin cambios las de Zn, Mn y B.

Referencias bibliográficas

Castillo, E., T. P. Tuong, A. M. Ismail and K. Inubushi. 2007. Response to salinity in rice: comparative effects of osmotic and ionic stresses. Plant Production Science 10(2):159-170.

Gómez-Merino, F. C., C. Caldana, L. I. Trejo-Téllez and B. Mueller-Roeber. 2008. HB transcription factor gene expression profiling after acute dehydration stress in rice leaves. *In*: XVI Congress of the Federation of European Societies of Plant Biology (FESPB). Tampere, Finland.

Mackill, D. J. and G. S. Khush. 2018. IR64: a high-quality and high-yielding mega variety. Rice 11(1):18.
Li, J., Q. Xiao, H. Wu and J. Li. 2024. Unpacking the global rice trade network: centrality, structural holes, and the nexus of food insecurity. Foods 13(4):604.
Virgilio-León, J., J. A. García-Salazar, S. Mora-Flores, R. García-Mata and R. Ramírez-Jaspeadoa. 2024. Rice *(Oryza sativa* L.) self-sufficiency in Mexico: Is it possible to achieve it? Agrociencia 58(5):609-626.

CALCULADORA DE TAMAÑO DE MUESTRA PARA PLANES DE MUESTREO FITOZOOSANITARIO BASADOS EN EL RIESGO

Luis Gabriel Otero-Prevost[1*], Pedro Macías-Canales[1], Gustavo Ramírez-Valverde[2], Juan A. Villanueva-Jiménez[3], Jorge Luis Leyva-Vázquez[2]

[1]Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección General de Inspección Fitozoosanitaria, Insurgentes Sur 489 Hipódromo, C.P. 06100, Ciudad de México, México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, C.P. 56264, Montecillo, Texcoco, México.
[3]Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, C.P. 91963, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México.
*Autor de correspondencia: luis.otero.i@senasica.gob.mx

Palabras clave: *Inspección, Programación en R, Plagas cuarentenarias.*

Introducción

La inspección sanitaria es la medida más empleada por los servicios y programas de bioseguridad de frontera para prevenir la introducción y el establecimiento de plagas y enfermedades. Sin embargo, el volumen, la diversidad de la presentación y las características de los productos sujetos a inspección imposibilitan la revisión total de todos los elementos que conforman un trámite de importación, por lo que requieren el desarrollo de herramientas de software que faciliten y hagan más eficiente la labor de los inspectores.

La decisión de aceptar o rechazar un lote se realiza con base en la información obtenida de una muestra. El riesgo es un elemento de incertidumbre de toda inspección sanitaria; se define como la probabilidad de que una inspección fitosanitaria acepte un lote que no cumple con el estándar y sea un vehículo para la introducción de una plaga de importancia cuarentenaria. Actualmente, varias funciones de probabilidad y programas de muestreo se emplean en la inspección: el muestreo de proporción fija, el muestreo de aceptación o el muestreo a partir de la definición de un umbral de riesgo. Sin embargo, son contadas las herramientas de software para inspección fitosanitaria que incluyan el análisis cuantitativo de riesgo y ofrezcan una manera rápida de estimar el tamaño de muestra. Nuestra propuesta es diferente a los otros métodos porque la estimación del tamaño de muestra depende de la relación entre el riesgo y el nivel sanitario esperado de un lote. El riesgo, entendido como una probabilidad, lo dividimos en: riesgo del importador (la probabilidad de aceptar un lote que no cumple con el estándar sanitario) y el riesgo del productor (la probabilidad de rechazar un lote que cumple con el estándar sanitario). Mientras que los niveles sanitarios los dividimos en: nivel sanitario aceptable (aquel que se espera tenga el lote) y nivel sanitario mínimo (el límite sanitario tolerado). Los objetivos del trabajo son: a) Definir los parámetros sobre los que se sustenta la propuesta, y b) Presentar una calculadora web interactiva gratuita y de código abierto programada en R y R-shiny (https://inspeccion-fitozoosanitaria-senasica.shinyapps.io/pcalc/), que computa planes de muestreo con un tamaño de muestra mínimo y un número de aceptación dado, a partir de fijar el riesgo del importador y el riesgo del productor.

Materiales y métodos

El modelo de muestreo basado en riesgo deriva de un plan de muestreo de aceptación por un atributo simple, que define el tamaño de muestra a partir de (McWilliams *et al.*, 2001).

$$P(x \leq C \mid n, NSA) = 1 - \alpha, \text{ y}$$
$$P(x \leq C \mid n, NSM) = \beta$$

Donde $P(x)$ es la probabilidad de aceptación bajo dos criterios de riesgo: $1 - \alpha$ o el riesgo del productor, con α (error tipo I) o la probabilidad de no aceptar un lote que tiene un nivel de sanidad satisfactorio y β o el riesgo del importador, que representa la probabilidad de aceptar un lote que tiene un nivel de sanidad mínima (Schilling y Neubauer, 2009). x es el atributo que representa el número de artículos defectuosos en la muestra, donde un artículo defectuoso es aquel con evidencia de presencia de plaga o enfermedad. $\boldsymbol{C}$ es el número de aceptación y determina el número de elementos defectuosos para definir si se acepta o se rechaza un lote. Bajo este modelo, un lote se rechazará si bajo ciertos niveles de riesgo del importador y del productor, el número de unidades que

no cumplen con el estándar supera a C, el número de aceptación. n es el tamaño de muestra. NSA es el nivel de sanidad aceptable y NSM es el nivel de sanidad mínima.
La calculadora se programó en el lenguaje R, con el objetivo de desarrollar una aplicación web interactiva, con acceso remoto vía dispositivos móviles y computadoras personales. Se utilizaron los siguientes paquetes de R: shiny, para crear una interfaz de usuario que facilite su uso y permita capturar de forma rápida el nivel de riesgo del productor, el nivel de riesgo del importador, el NSA y el NSM mediante campos editables; además, el programa AcceptanceSampling (Kiermeier, 2008), que permite el cómputo de planes de muestreo a partir de la definición de los niveles sanitarios y los niveles de riesgo, traza la curva de operación característica, estima el tamaño de muestra y el número de aceptación.
Para incluir planes de muestreo de lotes con volúmenes diferentes, se incluyeron las funciones de probabilidad de distribución hipergeométrica (volúmenes pequeños):

$$P(x \leq C \mid n, p_h) = \sum_{d=0}^{c} \frac{\frac{D!}{d!\,(D-d)!}\frac{(N-D)!}{(n-d)!\,(N-D-n+d)!}}{\frac{N!}{n!\,(N-n)!}}$$

y la distribución binomial (volúmenes grandes)

$$P(x \leq C \mid n, p_b) = \sum_{d=0}^{c} \frac{n!}{d!\,(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d}$$

Para determinar el grado de precisión de la calculadora, se compararon los resultados obtenidos con esta herramienta, con los presentados por McWilliams *et al.* (2001), quienes compararon el tamaño de muestra y número de aceptación de algunos planes de muestreo de aceptación por atributos simples, con los métodos de estimación aproximada y de estimación exacta, programados en FORTRAN.

Resultados y discusión

La ”Calculadora para la Estimación del Tamaño de Muestra Basada en Riesgos” aplicada a programas de muestreo de inspección fitozoosanitaria, es versátil y permite obtener de forma rápida el tamaño de muestra y el número de aceptación de un lote con riesgo del productor (α), riesgo del importador (β), nivel de sanidad aceptable (NSA) y nivel de sanidad mínima (NSM), definidos por el usuario.
El instrumento se puede adecuar a las características del lote, ya que incluye funciones de probabilidad para diseños de muestreo de lotes con volúmenes pequeños (hipergeométrica, plan tipo A) y lotes con volúmenes grandes (binomial, plan tipo B) (Schilling y Neubauer, 2009). El comportamiento de las curvas y tamaños de muestra estimadas por la calculadora son congruentes con lo reportado en la literatura. Conforme incrementa el NSA, incrementa el tamaño de muestra; conforme incrementa el NSM, reduce el tamaño de muestra; en ambos casos la curva de operación característica se desplaza a la derecha.
Para comprobar la veracidad del cómputo, los resultados obtenidos por la calculadora se compararon con los resultados de tamaño de muestra y número de aceptación presentados por McWilliams *et al*. (2001). La comprobación (Cuadro 1) indica que con valores rígidos de α = 0.05 y β = 0.10 el decaimiento de la probabilidad de aceptación es mayor y el diseño de muestreo es más rígido. Con valores menores de α = 0.05 y β = 0.10, los tamaños de muestra obtenidos fueron más pequeños. Con niveles fijos del NSA y del NSM, con la calculadora se obtuvieron los mismos resultados de tamaño de muestra (n) y número de aceptación (C) que los estimados por McWilliams *et al*. (2001), tanto por el método exacto como por el método aproximado (Cuadro 1). Con la calculadora se obtuvieron los mismos resultados a los obtenidos por McWilliams *et al*. (2001) mediante el método exacto programado en FORTRAN, mientras que se identificaron diferencias en el valor del riesgo del importador. Las diferencias son mínimas y podrían ser atribuidas a los redondeos de los cálculos.

Cuadro 1. Comparación del tamaño de muestra y número de aceptación con α y β obtenidos por la calculadora (α_c y β_c) con niveles fijos de NSA y NSM, contra el método aproximado (α_a y β_a) y el método exacto (α_e y β_e) para las funciones hipergeométrica (A) y binomial (B) (McWilliams *et al*., 2001).

Tipo	NSA	NSM	α_e	α_c	β_e	β_c	C	n	α_a	α_c	β_a	β_c	C	n
A/10000	0.01	0.025	0.0450	0.046	0.0863	0.0864	10	620	0.0445	0.0449	0.1211	0.122	9	543
A/5000	0.01	0.035	0.0442	0.0443	0.0974	0.0975	5	261	0.0442	0.04	0.0974	0.073	5	261
A/1000	0.01	0.04	0.0546	0.0547	0.1085	01086	3	155	0.0302	0.0302	0.0783	0.08	4	197
A/500	0.01	0.06	0.0332	0.0334	0.1023	0.1024	2	82	0.0332	0.034	0.1023	0.1023	2	82
A/500	0.01	0.10	0.0463	0.0464	0.0949	0.095	1	37	0.0439	0.0439	0.1038	0.114	1	36
B	0.01	0.028	0.0499	0.05	0.0884	0.0089	8	471	0.0491	0.0499	0.1305	0.132	7	398
B	0.01	0.02	0.0491	0.05	0.0936	0.0937	18	1244	0.049	0.049	0.1102	0.111	17	1163
B	0.01	0.03	0.0445	0.045	0.0999	0.1	7	390	0.0494	0.0445	0.1347	0.154	6	329
B	0.01	0.05	0.0443	0.044	0.0992	0.0993	3	132	0.0495	0.0495	0.2164	0.223	2	82
B	0.01	0.07	0.0424	0.0425	0.087	0.0876	2	77	0.0503	0.042	0.2721	0.2228	1	36

Conclusiones

La inspección sanitaria debe explorar otros métodos de muestreo que incluyan de manera explícita el riesgo y acuñen conceptos propios que se ajusten a las necesidades de información y objetivos de la inspección sanitaria. El muestreo basado en riesgo es ventajoso porque permite obtener un tamaño de muestra y un número de aceptación a partir de la definición de los riesgos del productor, el riesgo del importador y los niveles de sanidad aceptable y mínima. La “Calculadora para la Estimación del Tamaño de Muestra Basada en Riesgos” es una calculadora web interactiva de acceso remoto que ofrece al usuario una forma rápida de elaborar y diseñar planes de muestreo de aceptación de productos de importación basados en riesgo; además, traza la curva de operación característica y ofrece información que puede emplearse para facilitar y hacer más eficiente la inspección de productos de importación.

Referencias bibliográficas

Kiermeier, A. 2008. Visualizing and assessing acceptance sampling plans: The R package AcceptanceSampling. Journal of Statistical Software 26(6):1-20. https://doi.org/10.18637/jss.v026.i06.

McWilliams, T. P., E. Saniga M., y D. Davis J. 2001. On the design of simple acceptance sampling plans. Economic Quality Control 16(2):193-198. https://doi.org/10.1515/EQC.2001.193.

Schilling, E.G., D. Neubauer V. 2009. Acceptance sampling in quality control (2nd. ed.). CRC Press Taylor & Francis Group, Chapman & Hall: New York, USA. https://doi.org/10.1201/9781584889533.

EFECTO DE TRATAMIENTOS SELECTOS PARA SUSTITUCIÓN DEL GLIFOSATO EN EL CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka)

Valentín A. Esqueda-Esquivel[1*], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[2] y Cristian Matilde-Hernández[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, C.P. 94270, Medellín, Ver, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Posta, Km 22.4 Carr. Veracruz-Córdoba, C.P. 94277, Paso del Toro, Medellín, Ver, México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, Km 4.5 Carr. Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Tlapacoyan, Ver, México.
*Autor por correspondencia: esqueda.valentin@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Herbicidas, Ruellia ciliatifolia, Paspalum dilatatum.*

Introducción

En el estado de Veracruz, el cultivo de limón persa se ha incrementado significativamente, ya que mientras que en el año 2000 se tenía una superficie sembrada de 17,495 ha, en 2024, la superficie sembrada se incrementó más de tres veces, hasta 52,930 ha, lo cual refleja su importancia económica y social. Uno de los problemas bióticos que más afectan a este cultivo, sobre todo en plantaciones recién establecidas o en etapas tempranas de desarrollo es la competencia de las malezas por agua, luz y nutrientes. Si éstas no se controlan adecuada y oportunamente pueden reducir hasta 33% el rendimiento de frutos (Martinelli *et al*., 2017). Glifosato es el herbicida que más se utiliza en la entidad para el control de malezas en limón persa; debido a que no tiene efecto residual, se aplica entre tres y seis veces por ciclo, lo que ha ocasionado la aparición de siete biotipos de maleza con resistencia a este herbicida en huertos de cítricos en los estados de Veracruz y Puebla (Heap, 2025). Además de la problemática asociada con las malezas resistentes, se ha catalogado a este herbicida con riesgo alto de ocasionar cáncer y otras enfermedades a humanos y animales, así como de contaminación al ambiente, razones por las que en 2020 se publicó un decreto en el Diario Oficial de la Federación para prohibir su uso en el país a partir de febrero de 2024 (DOF, 2020). En la búsqueda de alternativas químicas, físicas u orgánicas para sustituir este herbicida en diferentes cultivos o sistemas de producción en donde se utiliza, a partir de 2021 y hasta 2024, el Gobierno Federal a través de SENASICA e INIFAP financió el proyecto de investigación y validación "Alternativas al uso del glifosato para el control de maleza en México", el cual se conformó por 24 actividades o subproyectos. En la actividad 12 "Alternativas de control para sustituir al glifosato en plantaciones de cítricos en el estado de Veracruz", en el cultivo de limón persa, de 2021 a 2023 se establecieron cuatro experimentos en los municipios de Tlalixcoyan y Medellín, en los que en conjunto se evaluaron 19 tratamientos y se seleccionaron los cuatro con mayor efectividad en el control de malezas. Aunque al final este decreto no se llegó a implementar, se generó bastante información para diversificar el control químico de malezas en este cultivo. El objetivo de este trabajo fue determinar la efectividad en el control de malezas de los tratamientos seleccionados en comparación con el glifosato, en una plantación de limón persa en etapa de desarrollo temprano.

Materiales y métodos

El 2 de agosto de 2024, se estableció un experimento en una plantación de limón persa en Barrio de los Evodios, municipio de Ignacio de la Llave, Ver., a 18°42'49.906" de latitud Norte y 95°58'29.241" de longitud Oeste. Los árboles están sembrados en el sistema de marco real con 5 m de distancia entre hileras y 5 m entre árboles a lo largo de la hilera. La plantación tenía una edad de seis meses y los árboles medían entre 1 y 1.5 m. Se utilizó el diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron los siguientes tratamientos: 1. Glifosato a 907.5 g/ha (testigo regional), 2. Diurón + paraquat a 1,600 + 500 g/ha, 3. Indaziflam + paraquat a 75 + 500 g/ha, 4. Indaziflam + glufosinato de amonio a 75 + 300 g/ha, 5. Bromacil/diurón a 1,600/1,600 g/ha y un testigo sin aplicación. A los tratamientos del 1 al 5 se les agregó el adherente ADP (alkil fenol) en dosis de 2.5 mL por litro de agua utilizada. Las unidades experimentales se ubicaron entre dos hileras de árboles. Los herbicidas se aplicaron en forma dirigida a la maleza, la cual estaba creciendo vigorosamente debido a una buena humedad del terreno. Se utilizó una aspersora motorizada de mochila equipada con un aguilón con cuatro boquillas de abanico plano, que proporcionó un gasto de 291 L de solución por hectárea. Antes de la aplicación

se determinó la densidad de población de malezas, utilizando cuadros de 1 x 1 m, lanzados al azar en las cuatro parcelas del testigo sin aplicación y se midió su altura. A los 10, 20, 30, 40, y 50 días después de la aplicación (DDA) se evaluó de manera visual el control de malezas por especie dominante y el control total, así como la toxicidad al limón persa. En ambos casos se utilizó la escala porcentual (0 a 100%). Los análisis de varianza se realizaron con datos transformados a su valor de arcoseno, y como prueba de separación de medias se utilizó Tukey ($P \leq 0.05$). Por motivos de claridad y espacio, en el siguiente apartado se presentan los datos de control y toxicidad reales a los 10, 30 y 50 DDA.

Resultados y discusión

Las especies de malezas dominantes fueron *Ruellia ciliatifolia* Hook (Acanthaceae), con una densidad de 602,500 plantas/ha y *Paspalum dilatatum* Poir (Poaceae), con 330,000 plantas/ha; la altura de las plantas de estas especies variaba entre 5 y 25 cm, con un promedio de 13.7 cm.

A los 10 DDA, indaziflam + paraquat fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos en el control de *R. ciliatiflora*; también mostró los controles más altos de *P. dilatatum*, junto con diurón + paraquat y bromacil/diurón. En el conjunto de malezas, indaziflam + paraquat tuvo un control de 95%, estadísticamente semejante al de diurón + paraquat, cuya efectividad fue de 87.5%. Glifosato solamente ofreció un control total ligeramente superior a 70%. Ninguno de los tratamientos ocasionó toxicidad en el limón persa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos en el control de malezas por especie y total (%) y toxicidad al limón persa (%) a los 10 DDA.

Tratamiento (g/ha)	*R. ciliatiflora*	*P. dilatatum*	Total	Toxicidad
Glifosato (907.5)	76.25 b	73.75 bc	72.50 bc	0
Diurón + paraquat (1600 + 500)	83.75 b	98.00 a	87.50 ab	0
Indaziflam + paraquat (75 + 500)	99.25 a	91.25 a	95.00 a	0
Indaziflam + glufosinato (75 + 300)	82.50 b	70.00 c	70.00 c	0
Bromacil/diurón (1600/1600)	80.00 b	90.00 ab	72.50 bc	0
Testigo sin aplicación	0.00 c	0.00 d	0.00 d	0

Las letras a la derecha de los valores de control representan la prueba de Tukey ($p<0.05$).

A los 30 DDA, indaziflam + paraquat mantenía el control casi total de *R. ciliatiflora*, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos, aunque bromacil/diurón e indaziflam + glufosinato de amonio tuvieron controles superiores a 90%. Para *P. dilatatum*, tanto diurón + paraquat, como bromacil/diurón mostraron controles de 99%, siendo estadísticamente superiores al resto de los tratamientos. Para el conjunto de malezas, indaziflam + paraquat y bromacil + diurón tuvieron controles superiores a 90%, estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos. El control con glifosato era ligeramente superior a 70%. Ninguno de los tratamientos ocasionó toxicidad en el limón persa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en el control de malezas por especie y total (%) y toxicidad al limón persa (%) en la localidad de Barrio de los Evodios, mpio. de Ignacio de la Llave, Ver., a los 30 DDA.

Tratamiento (g/ha)	*R. ciliatiflora*	*P. dilatatum*	Total	Toxicidad
Glifosato (907.5)	83.75 cd	65.00 c	72.50 bc	0
Diurón + paraquat (1600 + 500)	77.50 d	99.00 a	83.75 b	0
Indaziflam + paraquat (75 + 500)	99.25 a	89.75 b	93.00 a	0
Indaziflam + glufosinato (75 + 300)	91.75 bc	57.50 c	65.00 c	0
Bromacil/diurón (1600/1600)	95.50 b	99.00 a	96.00 a	0
Testigo sin aplicación	0.00 e	0.00 d	0.00 d	0

Las letras a la derecha de los valores de control representan la prueba de Tukey ($p<0.05$).

A los 50 DDA, indaziflam + paraquat, bromacil/diurón e indaziflam + glufosinato de amonio seguían manteniendo controles de *R. ciliatiflora* de entre 90 y 100%, siendo estadísticamente semejantes, y superiores al resto de los tratamientos. De la misma manera que en la evaluación anterior, solamente bromacil/diurón y diurón + paraquat mantenían controles superiores a 90% de *P. dilatatum*, mientras que en el conjunto de malezas el control de bromacil/diurón era de 95.5% y el de indaziflam + paraquat, de 85.5%, aunque ambos eran estadísticamente semejantes. Con glifosato, el control era ligeramente menor a 50%. Ninguno de los tratamientos ocasionó toxicidad en el limón persa (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en el control de malezas por especie y total (%) y toxicidad al limón persa (%) en la localidad de Barrio de los Evodios, mpio. de Ignacio de la Llave, Ver., a los 50 DDA.

Tratamiento (g/ha)	*R. ciliatiflora*	*P. dilatatum*	Total	Toxicidad
Glifosato (907.5)	61.25 b	37.50 c	48.75 b	0
Diurón + paraquat (1600 + 500)	43.75 b	96.00 ab	53.75 b	0
Indaziflam + paraquat (75 + 500)	99.25 a	83.50 b	85.50 a	0
Indaziflam + glufosinato (75 + 300)	90.75 a	40.00 c	50.00 b	0
Bromacil/diurón (1600/1600)	93.75 a	98.00 a	95.50 a	0
Testigo sin aplicación	0.00 c	0.00 d	0.00 c	0

Las letras a la derecha de los valores de control representan la prueba de Tukey (p<0.05).

La alta efectividad en el control de malezas de la mezcla formulada bromacil/diurón en limón persa (Alcántara-de la Cruz *et al*., 2019) y de la mezcla de tanque indaziflam + paraquat en limón mexicano (Orozco Santos y García Mariscal, 2023), refuerza los resultados obtenidos en esta investigación.

Conclusiones

La mezcla formulada de bromacil/diurón en dosis de 1,600/1,600 g/ha y la mezcla de tanque de indaziflam + paraquat en dosis de 75 + 500 g/ha son alternativas eficientes para sustituir al glifosato para el control de malezas en el cultivo de limón persa.

Referencias bibliograficas

Alcántara-de la Cruz, R., P. A. Domínguez-Martínez, H. Martins da Silveira, H. E. Cruz-Hipólito, C. Palma-Bautista, J. G. Vázquez-García *et al*. 2019. Management of glyphosate-resistant weeds in Mexican citrus groves: Chemical alternatives and economic viability. Plants 8(9):325.

Heap, I. 2021. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online. http://weedscience.org/Pages/filter.aspx [consultado el 9 de julio de 2025].

Martinelli, R., P. A. Monquero, A. Fontanetti, P. M. Conceição and F. A. Azevedo. 2017. Ecological mowing: an option for sustainable weed management in young citrus orchards. Weed Technol. 31(2):260-268.

Orozco, S. M. y K. P. García M. 2023. Tecnología alternativa al glifosato para el control de maleza en limón mexicano. RevAIA 27(Supl. 1):18-19.

SEGOB (Secretaría de Gobernación). 2020. Diario Oficial de la Federación. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020 [consultado el 15 de mayo de 2021].

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA DIRECTA EN CAFÉ (*Coffea* spp.)

Sandra Silvana Schettino-Salomon[1], José Juan Zúñiga-Aguilar[2], Eliel Ruiz-May[3], Daniel Pérez-Pascual[4], Doribet Jiménez-Guillen[4], Adriana Contreras-Oliva[1] y Jericó Jabín Bello-Bello[5*]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 Córdoba-Veracruz Federal, 94953 Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
[2]Universidad Tecnológica del Usumacinta, Periférico, Ganadera, 86980 Emiliano Zapata, Tabasco, México.
[3]Instituto de Ecología A.C., carretera Antigua a Coatepec 351, col. El Haya, Xalapa, Veracruz. CP 91073.
[4]Academia de Ingeniería Biotecnológica, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Palenque. Instituto Politécnico Nacional. Palenque, Chiapas, México.
[5]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 Córdoba-Veracruz Federal, 94953 Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: jericobello@gmail.com

Palabras clave: *Embriones*, *Cultivo de tejidos vegetales, Reguladores de crecimiento.*

Introducción

El café consta de aproximadamente 130 especies de la familia Rubiaceae, siendo *Coffea canephora* Pierre y *Coffea arabica* L. las más consumidas a nivel mundial. Esto se debe principalmente a sus numerosos beneficios para la salud, atribuidos en la cafeína, antioxidantes y otros compuestos bioactivos que fortalecen el sistema inmunitario y reducen el riesgo de diversas enfermedades (Melese *et al*., 2021). Estas propiedades han impulsado una creciente demanda mundial, reflejada en un consumo anual de más de 10 millones de toneladas de café. En este sentido, Sudamérica, en particular Brasil, Colombia y Perú, por lo cual se necesitan más plantas para abastecer a la industria cafetera. hace necesario el establecimiento de un protocolo eficiente para la producción masiva de plantas de café. Sin embargo, su propagación enfrenta una limitación biológica significativa, ya que no pueden reproducirse a través de semillas de plantas sin perder sus características genéticas en generaciones posteriores. Esto subraya la necesidad de técnicas de propagación avanzadas para garantizar su cultivo en nuevas zonas de producción. Las herramientas biotecnológicas, como el cultivo de tejidos, se utilizan ampliamente en la agricultura moderna para superar los desafíos relacionados con la producción de plantas a gran escala, permitiendo la propagación durante todo el año y en espacios limitados. En este contexto, la embriogénesis somática surge como una alternativa prometedora para la propagación masiva de café, con numerosos protocolos desarrollados para la producción de embriones somáticos en diversas especies de C. *arabica.* Sin embargo, la mayoría de estos protocolos se han centrado en la embriogénesis somática indirecta, que se basa en la formación inicial de una masa celular indiferenciada, denominada “callo”, lo que genera variabilidad genética y se manifiesta a lo largo del período de producción, que se extiende a más de 12 meses. En contraste, la embriogénesis somática directa se desarrolla en tan solo 70 días sin la formación del callo y garantiza una fidelidad genética del 100% entre el clon y la planta original, lo que la convierte en una técnica confiable para la propagación a gran escala de café.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, km 348 carretera federal Córdoba-Veracruz, C.P. 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Localizado geográficamente a 19° 27' latitud Norte y 98° 53' longitud Oeste, a 720 m. El laboratorio cuenta con la certificación ante el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Las plantas de café (*Coffea* spp.) con seis meses de edad, fueron cultivadas en macetas con capacidad de 20 L y puestas en cuarentena en el invernadero, fueron tratadas cada semana con bactericida (Agri-mycin, Pfzer, N. Y., USA) y fungicida (Captan-ultra®, Arysta Life Science México S.A. de C.V. Coah., MX). Se utilizaron hojas de las plantas de seis meses. Las hojas fueron lavadas con agua destilada estéril. Posteriormente, fueron desinfectadas mediante un lavado por 15 min con solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 20% (v/v), se enjuagaron con agua destilada estéril, posteriormente fueron lavadas con NaClO al 10% (v/v) por 5 min, y finalmente cuatro enjuagues con agua destilada estéril. Para la inducción de la embriogénesis somática se utilizaron las hojas esterilizadas se seccionaron en segmentos de aproximadamente 1 cm² y se colocaron con la superficie abaxial en contacto directo con el medio de cultivo. Fueron cultivados en medio MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado con 30 g/L de sacarosa, 1 mg/L 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético, SigmaAldrich® Chemical Company, Saint Louis, MO,

USA), y 2 mg/L Kin (Kinetina, SigmaAldrich®). El medio MS fue ajustado a pH de 5.8 ± 2 y se agregó 2.5 g/L phytagel (Merck® KGaA, Darmstadt, DE) como agente gelificante. El material se esterilizó en una autoclave a 115 kPa a 120°C y por 15 min. Los cultivos fueron incubados a 25 ± 2°C en oscuridad. Después de un pre-tratamiento por dos semanas, los explantes se pasaron a un medio de inducción de embriogénesis, en medio MS, suplementado con 30 g/L de sacarosa, 1 mg/L 2,4-D y 4 mg/L BAP (6-Benzylaminopurine, SigmaAldrich® Chemical Company, Saint Louis, MO, USA). Después de ocho semanas, los embriones desarrollados fueron transferidos a un medio de enraizamiento en medio MS, suplementado con 0.25 mg/L GA^3 (Ácido giberélico, SigmaAldrich®), 0.0182 mg/L cisteína y 30 g/L de sacarosa, Los cultivos fueron incubados a 25 ± 2°C con un fotoperiodo 16:8 (luz: oscuridad). para su conversión y desarrollo.

Resultados y discusión

La embriogénesis somática es una técnica biotecnológica clave para la propagación clonal a gran escala de cultivos élite y la conservación *ex situ* de genotipos con características agronómicas excepcionales. Sin embargo, el cultivo de tejidos vegetales en especies leñosas o semi-leñosas enfrenta múltiples desafíos, como la recalcitrancia (Shiwani *et al*., 2022). En este contexto, la embriogénesis somática en cafeto es un proceso muy estudiado y considerado relativamente eficiente (Campos *et al*., 2017). Sin embargo, los mejores desarrollos se han obtenido a partir de la embriogénesis somática directa. En este proceso, plantas de cafeto cultivadas *in vitro* son pre-acondicionadas en presencia de concentraciones altas de auxinas y citocininas (Pérez-Pascual *et al*., 2018). Posteriormente, los segmentos foliares son utilizados como explantes para inducir el desarrollo embrionario. Este procedimiento provocó la proliferación masiva de callo embriogénico en las orillas de los explantes foliares cultivados *in vitro*, después dos semanas en cultivo. A las seis semanas de cultivo pudo observarse un número alto de estructuras embrionarias en diferentes estadios de desarrollo, mientras que a las ocho semanas ya se encontraban embriones en etapa cotiledónea (Figura 1).

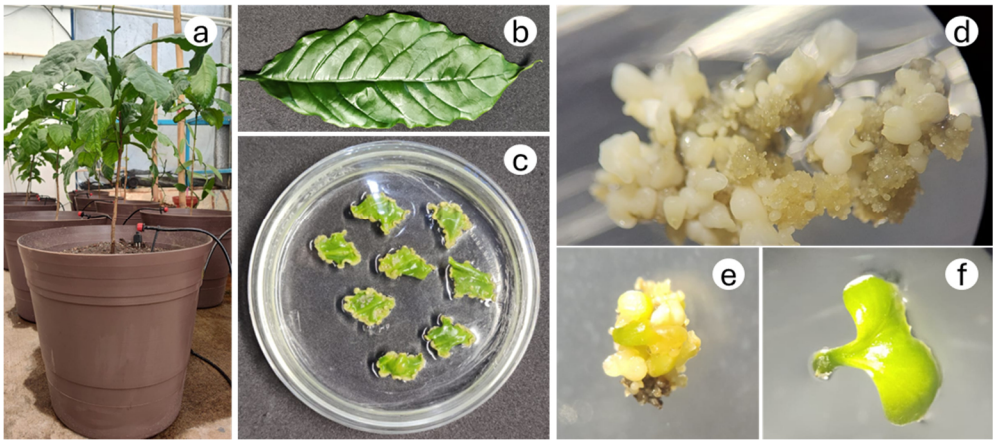


Figura 1. Embriogénesis somática directa de café (*Coffea* spp.) cv. Robusta a) Plantas madre, b) explante foliar, c) explantes seccionados de 1 cm^2 después de 15 días de pre-tratamiento, d) embriones en diferentes estadios, e) estado torpedos y f) embrión maduro.

Conclusiones

Se demostró la eficiencia del uso de auxina (2,4-D) y citoquinina (Kinetina), al generar masa embrionaria, esto consolida su aplicación como una estrategia eficaz para optimizar el proceso de embriogénesis somática directa de café.

Referencias bibliográficas

Campos, N. A., Panis, B. and Carpentier, S. C. 2017. Somatic embryogenesis in coffee: the evolution of biotechnology and the integration of omics technologies offer great opportunities. Frontiers in Plant Science 8:1460.

Melese, Y.Y.; Kolech, S.A. Coffee (*Coffea arabica* L.): Methods, Objectives, and Future Strategies of Breeding in Ethiopia-Review. Sustainability 2021 13:10814.

Murashige, T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15:473-497.

Pérez-Pascual, D., Jiménez-Guillen, D., Villanueva-Alonzo, H., Souza-Perera, R., Godoy Hernández, G. and Zúñiga-Aguilar, J. J. 2018. Ectopic expression of the *Coffea canephora* SERK1 homolog-induced differential transcription of genes involved in auxin metabolism and in the developmental control of embryogenesis. Physiologia plantarum 163(4):530 551.

Shiwani, K.; Sharma, D.; Kumar, A. 2022. Improvement of Plant Survival and Expediting Acclimatization Process. In Commercial Scale Tissue Culture for Horticulture and Plantation Crops; Gupta, S., Chaturvedi, P., Eds.; Springer International Publishing: Singapore 9:277-291.

CALIDAD DE CHILES JALAPEÑO Y HABANERO CON FERTILIZACION SUSTENTABLE EN AMBIENTE PROTEGIDO EN LA REGIÓN TROPICAL

Andrés Vásquez-Hernández[1]*, Arturo Duran-Prado[1], Héctor Cabrera-Mireles[1], Isaac Meneses-Márquez[1] y Arturo Andrés-Gomez[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla.
[2]Instituto tecnológico de Tierra Blanca.
* Autor para correspondencia: vasquez.andres@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Rhizophagus, Trichoderma, Nitratos, SPAD.*

Introducción

Las hortalizas son de gran importancia en la alimentación humana. La FAO (2011) hace hincapié en la importancia de sus hojas, frutos, raíces, tallos y flores para satisfacer las necesidades de nuestro organismo, por su alto contenido de minerales, vitaminas y proteínas que contribuyen a mejorar y mantener la buena salud. México es un importante productor de hortalizas a nivel mundial, principalmente de tomate, pimiento morrón y pepino tanto a cielo abierto como en sistemas protegidos. En México, el chile es una hortaliza que se produce en casi todo el país en los dos ciclos agrícolas con una parte importante en agricultura protegida. Forma parte de los principales productos hortícolas exportados, así como de la dieta del mexicano, junto con el maíz y frijol, tomate y cebolla. La agricultura protegida es un sistema ya antiguo que se ha modernizado dadas las demandas actuales y las restricciones para siembra a cielo abierto por los efectos del cambio climático. Utiliza cubiertas de protección y técnicas como la hidroponía, riego tecnificado, nutrición balanceada y el control del clima en algunos casos, por lo cual se producen cosechas de mayor calidad, se incrementa la producción por unidad de superficie, varias especies se pueden cosechar en cualquier época del año y de forma permanente haciendo una buena planeación de las fechas de siembra (Cedillo y Calzada, 2012). El uso de invernaderos actualmente se justifica por las condiciones climáticas extremas que estamos viviendo lo cual mejora la seguridad de la inversión de los productores, además de los consumidores lo que hace que los productos de invernadero estén en nichos de alto nivel. Según el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP), durante 2021 se cosecharon en el estado de Veracruz un total de 33 hectáreas de cultivos bajo agricultura protegida como invernadero, macrotúnel y malla sombra. Aunque la agricultura protegida en invernadero es un sistema que requiere una inversión inicial que no está al alcance del productor tradicional, hay opciones menos tecnificadas y de menor costo que sí pueden estar accesibles a grupos de productores, lo que vale la pena, ya que estos sistemas ofrecen grandes ventajas al aislar al cultivo del ambiente a cielo abierto: bajo ataque de plagas, bajo consumo de agua. No hay aplicación de herbicidas, lo que repercute en un escaso uso de agroquímicos con mínima contaminación ambiental y del producto de consumo. La tecnología de producción en invernadero con fertilización sustentable, evaluada en diferentes ciclos y cultivos ha demostrado ser eficiente en cuanto a producción y calidad de diversas hortalizas con resultados que se mantienen estables, lo que permite considerarla como adecuada para ser transferida a los productores que trabajan en agricultura protegida. En un invernadero tropical ubicado en el la parte central de Veracruz se realizaron diferentes experimentos con chiles habanero y jalapeño, con el objetivo de evaluar sus respuestas a este sistema de cultivo con la aplicación de microrganismos bioestimulantes, los que les aportan diferentes nutrientes, incrementan su vigor, además de brindarles mayor resistencia al ataque de plagas, enfermedades y mayor resistencia a condiciones de sequía y ofrecer un paquete de producción sustentable al productor de la región tropical, bajo diferentes tipos de sistema protegido.

Materiales y métodos

En un invernadero tropical con ventana cenital, durante un ciclo de cultivo O-I, 2021-2022 se evaluaron cinco genotipos de chile habanero (Jaguar, Amarillo, Café, Mayapan y HRA1-1) y cinco de jalapeño (variedades Stam J09-4F1 y Don Benito, híbridos Rio Verde, Abasolo y Colosus), bajo un sistema de producción sustentable en cuanto a su fertilización, manejados con camas de siembra, fertirriego y acolchado plástico blanco/negro calibre 600 (0.06 mm). El experimento se estableció en un invernadero tropical con ventana cenital ubicado en el Campo Experimental Cotaxtla, municipio de Medellín de Bravo, Ver. (18°8.33’ y 96°11.31’), de dimensiones 12 x 30 m. El acolchado blanco/negro se recomienda para meses calurosos, posee la cualidad de mantener el suelo fresco;

además de contar con la propiedad de brindar una excelente reflexión de luz fotosintética (60%) por el lado blanco, obteniendo una mayor precocidad de las cosechas, por el lado negro impide el paso de luz, evitando el desarrollo de la maleza y una mayor retención de agua. Los tratamientos aplicados fueron: T1) Fertilización química tradicional (160-80-120 de N-P_2O_5-K_2O), T2) Fertilización química sustentable 80-40-60 complementada con aplicación de *Rhizophagus intrarradices* y *Trichoderma harzianum* a la siembra a la semilla, en charolas de germinación, con Peat moss como sustrato de germinación, complementada con 5 t ha^{-1} de lombricomposta. En ambos tratamientos la fertilización química se dividió en 12 aplicaciones semanales. Se sembró en un sistema de tres bolillos en cama a doble hilera, con una distancia de 0.60 m entre camas, 0.50 m entre hileras y 0.50 m entre plantas, para una densidad de plantación de 25 000 plantas por hectárea. El experimento se sembró en un diseño experimental de parcelas divididas, con los tratamientos de fertilización como parcela grande y los genotipos como parcela chica. Se tomaron datos de rendimiento total acumulado en cinco cortes, peso de frutos, índice de clorofila en base a la lectura con SPAD Minolta 502 y contenido de nitratos, con el medidor de nitratos HORIBA *LAQUAtwin NO3-11*. Se realizó análisis de varianza para determinar la respuesta a los tratamientos aplicados con una P≤0.05 con el paquete estadístico INFOSTAT tomando en cuenta la respuesta general de los genotipos a los tratamientos de fertilización aplicados correspondientes a la parcela grande, por lo que en este trabajo se hacen inferencias de las variables de respuesta a nivel de los genotipos jalapeño y habanero sin considerar los genotipos a nivel particular.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de los rendimientos totales obtenidos para los dos tratamientos de fertilización, independientemente del genotipo. El análisis de varianza de esta variable es altamente significativo. La tecnología sustentable T2 fue estadísticamente mejor que tecnología tradicional T1 con una diferencia de 14.61 t/ha que corresponden al 33.71% de diferencia a favor de T2. Estos resultados coinciden con lo reportado por Rodríguez *et al*. (2010), quien menciona que el mayor rendimiento se consigue cuando se aplica al suelo una fuente química completa, una fuente de materia orgánica y micorrizas arbusculares; además, la biofertilización es un complemento de la fertilización química.

Cuadro 1. Respuesta de chile jalapeño a la aplicación de dos tratamientos de fertilización**.**

Variable de respuesta	Tratamiento de fertilización	
	T1 (160-60-120)	T2 (80-30-60 + Bio. + lombricomposta.)
Rendimiento (t/ha)	28.72	43.33
Peso por fruto (g)**	41.70	46.90
Longitud polar fruto (cm) **	7.25	8.33
SPAD (unidades de clorofila) **	60.89	53.00
Nitratos (ppm) N.S.	613.0	528.00

En cuanto a los parámetros de calidad de fruto, se observó que el peso de los frutos del tratamiento T2 fueron significativamente mayores al tratamiento T1. Es importante señalar que en ambos tratamientos se obtuvo un 90% de frutos de primera calidad, ya que rebasaron el índice de calidad de 35 g de peso por fruto (calidad extra grande), de acuerdo a lo establecido por la NMX-FF-025-SCFI-2014. De igual manera, la longitud polar de los frutos del tratamiento T2 fue signifivamente diferente a T1 con una diferencia del 12.97%. El índice SPAD, referido al contenido de clorofila, mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos (diferencia del 12.95%), con el índice más alto para el tratamiento T1, el cual recibió la fertilización química al 100% (Cuadro 1). Esto puede deberse a la fertilización química nitrogenada se absorbe más rápido por las plantas, lo que se traduce, a su vez, en un mayor contenido de clorofila. Esto se corrobora por el más alto contenido de nitratos en T1, aunque en esta variable no hubo diferencia significativa entre ambos tratamientos.

El tratamiento T2 correspondiente a la Tecnología sustentable, tuvo un rendimiento general de 38.966 t/ha, con diferencia altamente significativa con respecto a T1 (tecnología tradicional) (Cuadro 2), el cual tuvo un rendimiento poblacional de a 34.233 t/ha, con una diferencia de 4.733 t/ha, lo que significa 12.15% de diferencia, claro indicador de las ventajas de la aplicación de *Trichoderma y Rhizophagus* combinados con Bocashi sobre la tecnología tradicional, en concordancia con lo que mencionan Murillo *et al.* (2021), que las plantas de habanero tratadas con bioestimulantes producen frutos significativamente más grandes y pesados que las plantas testigo.

Cuadro 2. Respuesta de chile habanero a la aplicación de dos tratamientos de fertilización.

Variable de respuesta	Tratamiento de fertilización	
	T1 160-60-120	T2 80-30-60 + Bio. + lombric.
Rendimiento frutos (t/ha)**	34.23	38.96
Peso por fruto (g)**	9.50	11.40
Longitud fruto (mm)**	46.72	48.68
SPAD (unidades de clorofila)**	50.36	39.69
Nitratos (ppm) N.S.	972.50	659.50

En cuanto al peso por fruto T2 fue significativamente mejor que T1 con una diferencia del 16.66%, al igual que longitud de fruto o diámetro polar (Cuadro 2) en que el análisis de varianza resultó altamente significativo. El tratamiento de fertilización sustentable T2 fue más alto que T1 de fertilización tradicional, aunque en ambos tratamientos rebaso los 40 mm, tamaño considerado como grande (NOM NMX-FF-025-SCFI-2007), claro indicador de fruto de buena calidad, característico de la producción en invernadero en que la calidad del fruto rebasa de manera significativa a la producción a cielo abierto. Respecto al índice de clorofila SPAD, T1 con fertilización química fue estadísticamente superior a T2 con fertilización tradicional, observándose la misma tendencia con el contenido de nitratos, lo cual indica el efecto directo de la fertilización química sobre estos parámetros.

Conclusiones

La fertilización racional muestra efecto positivo sobre rendimiento y calidad de chiles habanero y jalapeño, y es un claro indicador de los beneficios de la aplicación de bioestimulantes a base *Rhizophagus intrarradices* y *Trichoderma harzianum* combinados con lombricomposta, lo que permite una reducción de la fertilización química en 50% sin efecto negativo sobre rendimiento y calidad de frutos.

Los bioestimulantes son una opción barata y practica para reducir la fertilización química, sin daño al medio ambiente cuyo uso se debe de promover en forma masiva.

Referencias bibliográficas

Castillo, R. M. D., Vásquez H. A., Cabrera M. H., Duran P. A., Meneses M. I. y Andrés G. A. 2023. Comportamiento agronómico de chile jalapeño con fertilización sustentable en invernadero. Ciencia y Tecnología Para un Campo Productivo Sustentable. Publicación Especial INIFAP. 769-781 p

Cedillo, E. y Calzada, M. 2012. La horticultura protegida en México situación actual y perspectivas. Encuentros. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). p. 1-10. https://issuu.com/fesaragon/docs/horticultura-protegida-en-mexico. Consultado el 20 febrero de 2024.

SIAP. 2021. Expectativas agroalimentarias. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635241/Expectativas.pdf.Cosultado el 16 de mayo de 2025.

Rodríguez, A. E. A., Bolaños B. M. M., y J. C. Menjivar F. 2010. Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum* spp.) en el Valle del Cauca, Colombia. Acta Agron. 59(1).

Vásquez, H. A., Cabrera M. H., Durán P. A. y Meneses M. I. 2022. Microorganismos bioestimulantes del crecimiento y desarrollo de jitomate para la producción sustentable en agricultura protegida. p. 168-182. *In*: Memoria: Investigaciones Científicas y Tecnológicas Para la Seguridad Alimentaria Veracruz. INIFAP. México.

MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) UTILIZANDO BIORREACTORES-PET

Eucario Mancilla-Álvarez[1], María Angélica Fuentes-Torres[1], Maurilio Mendoza-Mexicano[2] y Jericó Jabín Bello-Bello[3]*

[1]Colegio de postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, 94953 Veracruz, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, La Esmeralda, Medellín de Bravo, 94270, Veracruz, México.
[3]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, 94953, Veracruz, México
*Autor para correspondencia: jericobello@gmail.com

Palabras clave: *Clorofila total, Contenido de carotenoides, Tereftalato de polietileno, Aclimatización.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.), se cultiva para la producción de sacarosa, así como subproductos y coproductos utilizados en las industrias alimentaria, farmacéutica y bioenergética. La propagación convencional por yemas limita su potencial productivo e incrementa la diseminación de plagas. La micropropagación mediante cultivo de tejidos es una técnica biotecnológica que permite la producción masiva de plántulas genéticamente homogéneas bajo condiciones asépticas y controladas; sin embargo, los medios de cultivo semisólidos implican altos costos. Los sistemas de inmersión temporal (SIT) ofrecen una alternativa, utilizando biorreactores semiautomatizados que exponen los explantes a medios líquidos, bajo volumen de medio de cultivo y frecuencia de inmersión programada. Los SIT mejoran la disponibilidad de nutrientes, reguladores del crecimiento y potencian respuestas fisiológicas como la función estomática, la síntesis de pigmentos fotosintéticos y la capacidad fotomixotrófica. Se han evaluado varios modelos de SIT para la propagación *in vitro* de caña de azúcar incluyendo el biorreactor de inmersión modular (BioMINT II™), biorreactor SETIS™ y biorreactor de inmersión temporal (BIT). Este estudio propone el uso de contenedor fabricado en tereftalato de polietileno (PET). Los BIT basados en PET son económicos y reciclables. Por otra parte, al usar el sistema BIT-PET de manera horizontal, en comparación con el vertical, podría aumentar la disponibilidad de irradiancia lumínica, mayor espacio por explante y aumentar la tasa de multiplicación. El objetivo de este estudio fue comparar la eficiencia de distintos sistemas de cultivo en contenedores de PET, utilizando medio semisólido y medio líquido en BIT dispuestos en posiciones horizontal y vertical, durante las etapas de multiplicación y enraizamiento *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cv. Mex 69-290.

Materiales y métodos

Material vegetal. Ápices de 20 cm de longitud de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cv. Mex 69–290 de seis meses de edad, se lavaron con agua corriente con Tween 20® y se refrigeraron a 4°C durante 24 h. En una campana de flujo laminar se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 0.25% más Tween 20® durante 5 min y se enjuagaron tres veces con agua estéril. Explantes de 3 cm se sembraron en tubos de ensayo (22 × 150 mm) con 15 mL de medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado con 30 g/L de sacarosa y 1 mg/L de azul de metileno. El medio de cultivo se ajustó a pH 5.8, se adicionó 2.5 g/L de Gelrite® (Merck® KGaA, Darmstadt, DE) y se esterilizó en autoclave a 120°C y 115 kPa durante 15 min. Los cultivos se incubaron a 24 ± 2°C, con un fotoperiodo de 16/8 h (luz/oscuridad).

Etapa de multiplicación *in vitro.* Se utilizó el BIT construido con contenedores a base de PET con capacidad de 4000 mL y fueron evaluados en posiciones vertical y horizontal. En cada biorreactor se colocaron 30 explantes, con 1500 mL de medio de cultivo MS suplementado con 30 g/L de sacarosa, 1 mg/L kinetina (KIN, Merck KGaA®), 0.6 mg/L ácido indolacético (AIA, Merck KGaA®), 0.6 mg/L 6-bencilaminopurina (BAP, PhytoTech Labs, Lenexa, KS, USA) y 1 mg/L de azul de metileno, manteniendo 140 mL de volumen de espacio de cabeza. La frecuencia de inmersión fue de 2 min cada 9 h, según Lorenzo *et al* (1998). Los tratamientos de control utilizaron medio semisólido con 2.5 g/L de Gelrite® en los mismos recipientes de PET. Después de 45 d de cultivo se evaluaron el número y la longitud de brotes, el número de hojas por brote, contenido de clorofila, contenido de *β*-caroteno, la densidad estomática y el porcentaje de cierre estomático.

Etapa de enraizamiento *in vitro.* Brotes de 5 cm de longitud obtenidos de la fase de multiplicación fueron sembrados en los BIT-PET en medio MS suplementados con 30 g/L de sacarosa, 1 mg/L de ANA, 0.5 mg/L de

AIA, 1 mg/L de GA_3 y 1 mg/L de azul de metileno. Los tratamientos de control utilizaron medio semisólido con 2,5 g/L de Gelrite® en los mismos recipientes de PET. Se aplicaron las mismas condiciones de esterilización e incubación descrita anteriormente. Después de 30 días del cultivo se evaluaron número y longitud de brotes, número de hojas por brote, número y la longitud de las raíces.

Aclimatización. Se trasplantaron 100 plántulas de caña de azúcar (6-8 cm) de cada sistema de cultivo a un sustrato compuesto de compost, turba y agrolita (2:1:1) en bandejas de 50 cavidades. Se mantuvieron en un invernadero con un 60% de sombra, 28 ± 2°C, 70 ± 15% de humedad relativa y luz natural a una irradiancia de 165 ± 5 µmol m^{-2} s^{-1}. Después de 60 d se evaluó el porcentaje de supervivencia para cada sistema de cultivo obtenido en la fase de enraizamiento.

Análisis estadístico y diseño experimental. Los experimentos se realizaron con un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza seguido de una prueba de Tukey (p <0.05) mediante el paquete estadístico SPSS® v. 22 para Windows. Los datos porcentuales se transformaron con la formula Y = arcoseno (√(x/100)), donde x es el valor porcentual.

Resultados y discusión

Evaluación de los diferentes sistemas de cultivo durante la etapa de multiplicación *in vitro***.** Se encontraron diferencias significativas entre los sistemas de cultivo durante la multiplicación *in vitro* de caña de azúcar (Cuadro 1). El mayor número de brotes por explante se observó en los sistemas de cultivo TIB-horizontal, con 29.3 brotes por explante; mientras que, el menor número de brotes por explantes se observó en los sistemas semisólido-horizontal y semisólido-vertical, con 12.0 y 10.2 brotes por explante, respectivamente. La mayor longitud se observó en los sistemas TIB-vertical y TIB-horizontal con 5.57 y 5.37 cm de longitud, respectivamente; mientras que, la menor longitud de brotes se obtuvo en los sistemas semisólido-vertical y semisólido-horizontal, con 3.55 y 3.83 cm de longitud, respectivamente. Los brotes con mayor cantidad de hojas se observaron en el sistema de cultivo TIB-horizontal con 3.92 hojas por brote; mientras que, la menor cantidad de hojas se observó en el sistema de cultivo semisólido-vertical con 3.11 hojas por brote.

Cuadro 1. Comparación de los efectos de diferentes sistemas de cultivo de PET sobre la multiplicación *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cv. Mex 69-290 después de 45 d de cultivo.

Sistema de cultivo	Número de brotes/explante	Longitud de brotes (cm)	Número de hojas/brotes
Semisólido-vertical	10.20 ± 0.87b	3.55 ± 0.15b	3.11 ± 0,12c
Semisólido-horizontal	12.00 ± 0.94b	3.83 ± 0.14b	3.29 ± 0.14bc
TIB-vertical	26.60 ± 1.40ab	5.57 ± 0.20a	3.74 ± 0.16ab
TIB-horizontal	29.30 ± 1.06a	5.37 ± 0.15a	3.92 ± 0.10a

Cada valor representa la media ± error estándar. Las medias con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) PET: tereflalato de polietileno; TIB biorreactor de inmersión temporal

Evaluación de diferentes sistemas de cultivo durante la etapa de enraizamiento *in vitro***.** Se observaron diferencias significativas (Cuadro 2). El mayor número de brotes por explante se observó en los sistemas TIB-vertical y TIB-horizontal, con 11.20 y 13.50 brotes por explante; mientras que, el menor número de brotes por explante se obtuvieron en el sistema de cultivo semisólido-horizontal y semisólido-vertical, con 4.90 y 5.0 brotes por explante, respectivamente. Para la variable longitud de brotes, la mayor longitud se observó en los sistemas TIB-horizontal y TIB-vertical con 7.23 y 7.55 cm de longitud, respectivamente; mientras que, la menor altura de brotes se obtuvo en los sistemas de cultivo semisólido-horizontal y semisólido-vertical con 4.41 y 4.42 cm de longitud, respectivamente. Para el número de raíces por explante, la mayor cantidad de raíces se observó en los sistemas de cultivo TIB-vertical y TIB-horizontal con 7.51 y 6.89 raíces por explante, respectivamente; mientras que, la menor cantidad de raíces se obtuvieron en los sistemas de cultivo TIB-vertical y TIB -horizontal con 3.00 y 3.16 raíces por explante, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de diferentes sistemas de cultivo sobre el enraizamiento *in vitro* y la supervivencia *ex vitro* durante la aclimatación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cv. Mex 69-290 después de 30 días de cultivo.

Sistema de cultivo	Número de brotes/explante	Longitud de brotes (cm)	Número de hojas/brotes	Número de raíces/explante	Longitud de raíz (cm)	Supervivencia (%)
Semisólido-vertical	4.90 ± 0.33 b	4.42 ± 0.13 b	2.69 ± 0.12 d	3.00 ± 0.15 b	1.00 ± 0.12 b	90.25 ± 3.66 b
Semisólido-horizontal	5.00 ± 0.34 b	4.41 ± 0.13 b	3.25 ± 0.12 c	3.16 ± 0.14 b	1.04 ± 0.13 b	95.50 ± 0.64 ab
BIT-vertical	10.20 ± 1.15 ba	7.55 ± 0.25 a	3.85 ± 0.13 b	7.51 ± 0.35 a	4.28 ± 0.12 a	99.00 ± 0.57 a
BIT-horizontal	13.50 ± 0.96 a	7.23 ± 0.24 a	4.57 ± 0.14 a	6.89 ± 0.35 a	4.18 ± 0.16 a	99.50 ± 0.28 a

Cada calor representa la media ± error estándar. Las medias con letras diferentes dentro de una columna son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.05$), BIT-PET: Biorreactor de Inmersión Temporal r- Polietileno Tereftalato.

Evaluación de diferentes sistemas de cultivo durante las etapas de multiplicación y enraizamiento *in vitro*.

Fase de multiplicación. Este estudio demuestra la eficiencia de los diferentes sistemas de cultivo TIB-PET vertical y TIB-PET horizontal durante la multiplicación y enraizamiento *in vitro* en comparación con los sistemas semisólido-vertical y semisólido-horizontal. La eficiencia del biorreactor TIB utilizando frascos de cristal en posición vertical para la multiplicación *in vitro* ha sido evaluado en diferentes cultivos como stevia (*Stevia rebaudiana* B.), orquidea (*Guarianthe skinneri*), malanga (*Colocasia esculenta*), agave (*Agave marmorata*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Lorenzo *et a*l. 1998). Lorenzo *et al.* (1998) en caña de azúcar cv. C-1051-73, desarrollaron un protocolo para la producción de brotes durante la multiplicación *in vitro* comparando el medio de cultivo semisólido y la inmersión temporal en el TIB, el mayor número de brotes se obtuvo en el sistema TIB usando un volumen de 50 mL de medio de cultivo por explante.

Fase de enraizamiento. La fase de enraizamiento es fundamental para inducir el desarrollo radicular de los brotes. El enraizamiento utilizando TIB ha sido evaluado en cultivos como rosa (*Rosa damascena*), plátano (*Musa* AAA cv. Grand Naine) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). da Silva *et al*. (2020) establecieron un protocolo de enraizamiento en caña de azúcar utilizando biorreactores SETIS™, observando un incremento en el número de brotes, número de raíces y longitud de raíces. En el presente estudio se obtuvo el mayor número de brotes en etapa de enraizamiento en los sistemas TIB-horizontal en comparación con los sistemas TIB-vertical, semisólido-horizontal y semisólido-vertical. Este efecto pudo deberse de manera similar a la etapa de multiplicación, donde ocurre una mayor disponibilidad de espacio entre los explantes para generar nuevos brotes debido a una menor competencia.

Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran la importancia de los TIB-PET en posición horizontal en la micropropagación de caña de azúcar, ya que permiten que las plantas puedan desarrollarse con mayor calidad y vigor en comparación con el medio de cultivo semisólido.

Referencias bibliográficas

da Silva, J. A., Solis-Gracia, N., Jifon, J., Creste Souza, S., & Mandadi, K. K. 2020. *Use of bioreactors for large-scale multiplication of sugarcane (Saccharum spp.), energy cane (Saccharum spp.), and related species. In Vitro* Cellular & Developmental Biology - Plant 56: 366-376.

Lorenzo, J. C., González, B. L., Escalona, M., Teisson, C., Borroto, C. 1998. Sugarcane shoot formation in an improved temporary immersion system. Plant Cell Tissue Organ Cult. 54:197-200.

Murashige, T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15:473-497.

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE VAINILLA RESISTENTES A *Fusarium oxysporum*

Juan Hernández-Hernández[1*], Oscar Pérez-Hernández[2] y Ángel Ríos-Utrera[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco.
[2]Northwest Missouri State University. Maryville, Missouri.
[3]Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
*Autor para correspondencia: hernandezh.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Accesiones, Crecimiento de la planta, Incidencia*.

Introducción

La principal especie comercial de vainilla y la más cultivada en el mundo es *Vanilla planifolia* Jacks, cuyo centro de origen se encuentra en México. En la región del Totonacapan (Veracruz y Puebla) se han identificado morfotipos perteneciente a la especie citada, los cuales, presentan características morfológicas distintas a las de la variedad criolla "Mansa", que es la utilizada actualmente por los productores de la región (Hernández y Santillán, 2024). Estos materiales genéticos han sido colectados y conservados en el banco de germoplasma de vainilla del Campo Experimental Ixtacuaco del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) debido a su potencial para programas de mejoramiento genético o para su cultivo comercial (Hernández *et al.,* 2020). Por ello, el objetivo del presente trabajo determinar la resistencia de cinco accesiones de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) a la pudrición de raíz y tallo causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae (Fov). Cabe destacar que Fov es el principal patógeno de la vainilla en el mundo, causando la disminución del rendimiento, calidad de frutos y acorta el periodo productivo de la planta.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Ixtacuaco, del INIFAP, del 2022 a 2024, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, a 73 m altitud, cuyas coordenadas son: 20.03891 N, -97.09692 O. Se utilizó el tutor vivo conocido como pichoco (*Erythrina* sp.); se plantaron en un suelo franco arenoso con pH de 6.4 y contenido de materia orgánica de 2.7%. La precipitación pluvial y temperatura media anual de la región fue de 1,425 mm y 24.7°C, respectivamente.

Material genético**.** Se evaluaron cinco accesiones de *V. planifolia* de las cuales fueron: una accesión de la variedad criolla comercial "Mansa" (AH1), tres accesiones (AH2, AH3 y AH4) morfológicamente diferentes a la "Mansa" y la accesión híbrida comercial (AH5) resistente a *F. oxysporum* f. sp. *vanillae*, utilizada como testigo. Se dispusieron en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Se utilizaron entre 14 y 18 esquejes de 80 a 100 cm por cada genotipo, usando un esqueje por tutor, plantado a 2.5 m entre hileras y 2.0 m dentro de hileras. Se plantaron en octubre de 2022, en un terreno donde antes, hubo una plantación de vainilla con alta incidencia de Fov, con la finalidad de incrementar la presión de selección con relación a su resistencia a este hongo.

Variables de respuesta

a) Incidencia de daños por Fov. De las 14 o 18 plantas por accesión se contabilizó el número de plantas que presentaron pudrición de raíz y tallo basal causado por Fov. El porcentaje de incidencia se calculó dividiendo el número de plantas dañadas entre el total de plantas evaluadas por accesión, multiplicando el resultado por 100.
b) Crecimiento de la planta. Dos años después del establecimiento de las accesiones, se registró el crecimiento longitudinal y el diámetro de tallo en cinco plantas seleccionadas al azar de cada accesión. Se utilizó una cinta métrica y un vernier digital de 0.1 mm de aproximación, respectivamente.
c) Plantas en producción (ensayo). En abril de 2025, se registró el número de plantas que iniciaron su producción, en cada accesión. El porcentaje de plantas en producción se obtuvo dividiendo el número de plantas con frutos entre el total de plantas establecidas por accesión y multiplicando por 100. Asimismo, se registró el número promedio de racimos de frutos por planta productiva.

Análisis estadístico**.** Se realizó el análisis de varianza de pruebas tipo III de efectos fijos aplicado únicamente a las variables de crecimiento longitudinal y diámetro del tallo de la planta; cuando se detectaron diferencias estadísticas se aplicó la prueba de medias de Tukey.

Resultados y discusión

Incidencia de Fov. Las accesiones AH1, AH2 y AH3, presentaron los mayores porcentajes de daño causado por Fov, mostrando una rápida progresión de la enfermedad con niveles altos de incidencia desde 2023 y alcanzando casi el 100% en 2024. En contraste, la accesión AH4 mostró un bajo porcentaje de daño en 2023 y en 2024 alcanzó solo el 41%. El testigo comercial (AH5), presentó una planta afectada (6.67%), confirmando su resistencia al Fov (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fechas de evaluación y porcentaje de plantas que presentaron pudrición de raíz y tallo causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. vanillae en cinco accesiones de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks) durante 2023-2024.

Fechas de evaluación	Incidencia de *F. oxysporum* f. sp. vanillae (%)				
	AH1 Mansa	AH2	AH3	AH4	AH5
03/08/2023	22.22	21.42	50.00	0.00	0.00
04/09/2023	50.00	28.57	61.11	5.88	0.00
05/10/2023	55.55	42.85	77.77	5.88	0.00
03/11/2023	61.11	57.14	77.77	5.88	0.00
29/11/2023	66.67	57.14	77.77	5.88	0.00
29/12/2023	83.33	57.14	77.77	5.88	0.00
06/02/2024	83.33	64.28	77.77	5.88	0.00
05/07/2024	94.44	100.00	83.33	35.29	0.00
29/10/2024	94.44	100.00	83.33	41.17	6.67

Durante mayo y junio de 2024, se presentó una sequía prolongada acompañada de olas de calor intenso, con temperaturas máximas diarias de hasta 40°C, condiciones que provocaron el marchitamiento y estrés hídrico en las plantas. Tres accesiones fueron afectadas por pudrición de raíz y tallo llegaron a morir con los siguientes porcentajes: AH1 (11%), AH2 (7%) y AH3 (6%).

Estos resultados sugieren que la accesión AH4 es tolerante al daño por Fov y que la vainilla híbrida, es prácticamente resistente a dicho hongo y que ambas, soportan bien las condiciones climáticas extremas señaladas. Además, de la vainilla híbrida, que ya se cultiva en otros países por su resistencia a Fov, la accesión AH4 es una excelente alternativa para mitigar el daño causado por Fov, principalmente en aquellas áreas donde es difícil que prospere el cultivo por causa de este hongo, por lo que se sugiere que se continúe evaluándola, ahora con características de rendimiento y calidad de la fruta, perfil aromático, entre otros aspectos agronómicos.

Crecimiento de la planta. La accesión AH4 fue la que tuvo mayor crecimiento longitudinal y fue estadísticamente diferente a las accesiones AH1, AH2 y AH5. Las accesiones AH1 y AH2 crecieron menos del 50% de lo que desarrolló la accesión AH4. También, la accesión AH4 superó a la AH3, en más de 3 m de longitud, pero fueron estadísticamente iguales entre ellas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Crecimiento longitudinal y diámetro de planta de cinco accesiones de vainilla, a los dos años de establecidos en campo (2022 a 2024)[Z].

Accesión	Crecimiento longitudinal de la planta (m)		Diámetro de tallo (mm)	
AH1	6.87	c	7.2	c
AH2	6.50	c	7.2	c
AH3	12.10	ab	8.1	c
AH4	15.33	a	9.4	b
AH5	10.29	bc	11.7	a

[Z] Medias con letra diferente dentro de columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la Prueba Tipo 3, al 5% de probabilidad de error.

Con relación al diámetro del tallo, la accesión AH5 fue la que tuvo mayor diámetro (11.716 mm) y fue estadísticamente superior al resto de las accesiones; el diámetro de tallo de las accesiones AH1 (7.21 mm) y AH2 (7.22 mm) sólo desarrollaron el 62% del diámetro desarrollado por la AH5.

Plantas en producción. Aunque estos datos no se analizaron estadísticamente, la accesión AH4 tuvo el mayor porcentaje de plantas en producción (82.35%), mientras que las cuatro accesiones restantes no superaron el 20% (Cuadro 3); Asimismo, la accesión AH4 generó en promedio un mayor número de racimos de frutos por planta (7 racimos), superando numéricamente al resto de las accesiones que no rebasaron los 2.5 racimos por planta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ensayo de la producción de cinco accesiones de vainilla a los dos años de establecidas en campo (2022-2024).

Accesión	Plantas en producción (%)	Racimos de frutos por planta (número)
AH1	11.11	1.5
AH2	14.28	1.5
AH3	13.33	2.5
AH4	82.35	7.1
AH5	20.00	3.0

Conclusiones

La accesión AH4 presentó el mayor crecimiento de planta, porcentaje de plantas en producción y cantidad de frutos, superando a la vainilla híbrida comercial (AH5) utilizada como testigo y el resto de las accesiones evaluadas. La accesión AH4 mostró tolerancia moderada a la infección por Fov, lo que sugiere, su potencial para ser utilizada en regiones con alta incidencia de este fitopatógeno, así como en programas de mejoramiento genético.

Referencias bibliográficas

Hernández, H. J. y Santillán, M. R. 2024. Morphological and Molecular Characterization of five Morphotypes of *Vanilla planifolia*. Journal of Research in Agriculture and Animal Science 11(6):14-18.

Hernández, H. J. y Cruz, G. E. J. 2023. Avances en el rescate y conservación de los recursos genéticos de vainilla en México. Memoria de la Reunión Científica-Tecnológica Agropecuaria y Forestal 2023. P. 818-827.

Soto, A. M. A. y R. L. Dressler. 2010. A revision of the mexican and central american species of vanilla plumier ex miller with a characterization of their its region of the nuclear ribosomal DNA. LANKESTERIANA 9(3):285-354.

ACLIMATIZACIÓN DE PLÁNTULAS MICROPROPAGADAS DE VAINILLA UTILIZANDO UNA RIZOBACTERIA (*Azospirillum brasilense*)

María Karen Serrano-Fuentes[1], Víctor Adrián Delgado-Rivera[1], Juan Antonio Pérez-Sato[1], Maurilio Mendoza-Mexicano[2], Ricardo Sánchez-Páez[1] y Jericó Jabín Bello-Bello[3*]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 Córdoba-Veracruz Federal, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94953.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, km 34 Carr. Federal Veracruz-Córdoba, Cotaxtla, Ver., México. C.P. 91700.
[3]SECIHTI- Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 Córdoba-Veracruz Federal, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94953.
*Autor de correspondencia: jericobello@gmail.com

Palabras clave: *Supervivencia, Colonización, Clorofila, Carotenoides.*

Introducción

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) son utilizadas como biofertilizante para colonizar raíces, mejorar el desarrollo de las plantas y es una alternativa sostenible con el medio ambiente. Las RPCV se adhieren a la raíz de las plantas, facilitan la absorción de nutrientes, promueven el desarrollo de las raíces para tener mayor disponibilidad de agua, aumentan la actividad de enzimas hidrolíticas que degradan la pared celular de hongos patógenos contribuye a la producción de fitohormonas y solubilizar fosfatos. *Azospirillum brasilense* es una especie que tiene la capacidad de fijar nitrógeno y metabolizar fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas. Este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de diferentes dosis de *Azospirillum brasilense* sobre el crecimiento y supervivencia de plántulas de vainilla micropropagadas (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en etapa de aclimatización.

Materiales y métodos

Área de estudio. La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Colegio de Posgraduados-Campus Córdoba, km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, C.P. 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Localizado geográficamente a 19° 27' latitud Norte y 98° 53' longitud Oeste, a una altitud de 720 m. El laboratorio cuenta con la certificación ante el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

Material vegetal. Tallos jóvenes de plantas madre de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) de 60 cm de longitud que contenían cinco yemas axilares, fueron previamente establecidos en medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado con 30 g/L de sacarosa, 2 mg/L de benzyladenine (BA, PhytoTech Labs, Lenexa, KS, USA), 1 mg/L de ácido indolbutírico (IBA, Merck KGaA® Darmstadt, DE). El medio de cultivo MS fue ajustado a pH de 5.8 ± 2 y se agregó 2.5 g/L phytagel (Merck KGaA®) como agente gelificante. El material se esterilizó en una autoclave a 115 kPa a 120°C por 15 min. Los cultivos fueron incubados a 25 ± 2°C con un fotoperiodo 16:8 h (luz:oscuridad). Después de tres subcultivos (60 días cada uno), los brotes de vainilla de 2 cm de longitud se individualizaron y enraizaron en medio de cultivo semisólido, sin reguladores de crecimiento. Los brotes se incubaron en las condiciones de luz y temperatura antes mencionadas durante 60 días.

Condiciones de inoculación *Azospirillum brasilense* en plántulas de vainilla *ex vitro*. Plántulas de vainilla de 5 cm de longitud fueron inoculadas utilizando la bacteria de la especie *A. brasilense* (Azospirillum-green® Green Import Solutions S.A. de C.V. La Federacha, JAL, MX), en condiciones de invernadero. La inoculación *V. planifolia-A. brasilense* se realizó en bandejas de polipropileno de 32 cavidades (190 cm^3 cada cavidad) con un sustrato a base de composta, aserrín de ocote y tezontle (1:1:1 v/v/v). Se añadió al sustrato *A. brasilense* en concentraciones de 0, 0.5, 1 y 1.5×10^6 UFC (Unidades Formadoras de Colonias) por plántula.

Contenido de pigmentos fotosintéticos. Los contenidos de clorofila y de carotenoides fueron determinados siguiendo protocolos ampliamente utilizados en la literatura.

Análisis estadístico y diseño experimental. Los experimentos se realizaron con un diseño completamente al azar de tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) seguido de una prueba de Tukey, p <0.05 mediante el estadístico SPSS (versión 22 de Windows). Los datos porcentuales se transformaron con la fórmula Y = arcoseno (√ (x / 100)), donde x es el valor porcentual.

Resultados y discusión

Efecto de *Azospirillum brasilense* sobre el porcentaje de supervivencia, materia seca y crecimiento.

Al evaluar el efecto de *A. brasilense* sobre plántulas de *V. planifolia* se observaron diferencias en porcentaje de supervivencia, materia seca, y crecimiento (Cuadro 1). El mayor porcentaje de supervivencia de plántulas se observó en el tratamiento con 0, 0.5 y 1×10^6 UFC; mientras que, el menor porcentaje de plantas que sobrevivieron al tratamiento con rizobacterias fue con 1.5×10^6 UFC. Para materia seca el mayor contenido fue en 1.5×10^6 UFC; mientras que el menor contenido de materia seca se observó en los tratamientos con 0, 0.5 y 1×10^6 UFC. Para las variables longitud de plántula, número de hojas por plántula y número de raíces, las plántulas de mayor longitud, mayor cantidad de hojas y con más raíces se observaron en los tratamientos con 0.5 y 1×10^6 CFU; mientras que, las plantas de menor tamaño, con menor número de hojas y raíces se observaron en los tratamientos con 0 y 1.5×10^6 UFC. Respecto a la longitud de raíces, las plántulas con raíces más largas se observaron en el tratamiento con 1×10^6 UFC; mientras que, las raíces de menor tamaño se observaron en el tratamiento control sin rizobacterias.

Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de *Azospirillum brasilense* sobre la supervivencia, materia seca y el crecimiento de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) después de 90 días de cultivo.

Dosis ($\times10^6$ UFC/ plántula)	Supervivencia (%)	Materia seca (%)	Longitud de plántula (cm)	Número de hojas por plántula	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)
0	93.33 ± 6.66 a	5.49 ± 0.39 b	6.46 ± 0.25 b	5.26 ± 0.20 b	1.9 ± 0.17 bc	3.15 ± 0.17 c
0.5	93.33 ± 3.33 a	5.64 ± 0.40 b	10.33 ± 0.31 a	7.33 ± 0.27 a	3.00 ± 0.25 a	4.50 ± 0.25 b
1	96.66 ± 3.33 a	5.64 ± 0.33 b	10.60 ± 0.41 a	7.33 ± 0.24 a	4.10 ± 0.23 a	7.33 ± 0.23 a
1.5	70.00 ± 5.77 b	8.84 ± 0.65 a	6.60 ± 0.27 b	4.46 ± 0.29 b	2.70 ± 0.26 b	4.75 ± 0.26 b

Los resultados se muestran como media ± error estándar. Las medias con una letra diferente son significativamente diferentes (Tukey, p <0.05).

Las dosis más bajas evaluadas (0, 0.5 y 1×10^6 UFC por plántula) mantienen un alto porcentaje de supervivencia durante la etapa de aclimatización. Este resultado podría atribuirse debido a una interacción simbiótica promovida por la colonización microbiana. Los efectos de *A. brasilense* sobre el desarrollo ya ha sido reportado en fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne) (de Oliveira *et al.,* 2024), y lechuga (*Lactuca sativa* L.) (da Silva *et al.,* 2024). De Oliveira *et al.* (2024) observaron en plántulas de fresa a una dosis de 1×10^8 mL células por plántula de *A. brasilense* incremento el número de hoja, longitud de los brotes, longitud de raíz, en peso fresco de biomasa de raíz. Al respecto Ribeiro *et al.* (2022) mencionan que *Azospirillum* spp. altera la arquitectura de las raíces, aumentando la ramificación, el volumen y la formación de pelos radicales, lo que conduce a una mayor exploración del suelo, absorción de agua y nutrientes mejorando el desarrollo vegetativo.

Efecto de *Azospirillum brasilense* sobre pigmentos fotosintéticos.

Para las variables de pigmentos fotosintéticos, los tratamientos con mayor contenido de clorofila y *β*-caroteno se observaron en 0.5 y 1×10^6 UFC; mientras que, las plántulas con menor contenido de estos pigmentos se observaron en los tratamientos con 0 y 1.5×10^6 CFU.

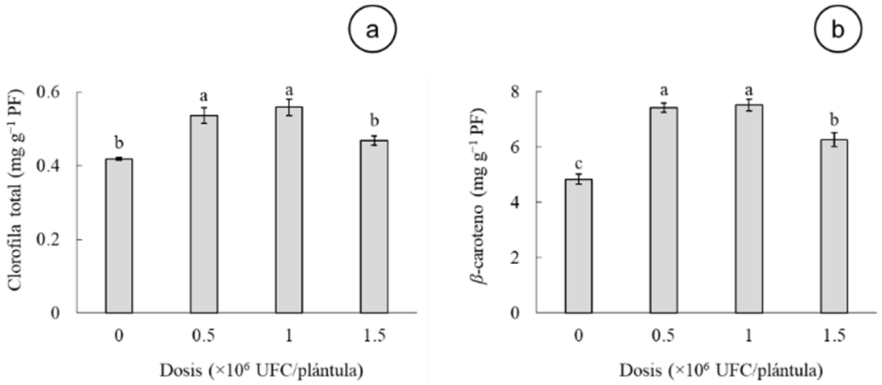


Figura 1. Efecto de *Azospirillum brasilense* sobre a) clorofila total, b) *β*-caroteno evaluadas a los 90 días de cultivo en la fase de aclimatización de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). Los resultados se muestran como media ± error estándar. Las medias con una letra diferente son significativamente diferentes (Tukey, p <0.05).

El aumento del contenido de clorofila en presencia de *A. brasilenses* en dosis de 0.5, 1×10^6 UFC por plántula podría estar asociado a una mayor actividad fotosintética. De acuerdo con Su *et al.* (2024) el contenido de clorofila se correlaciona de manera positiva con varios parámetros de crecimiento de las plantas, incluido el peso seco y la longitud de la raíz o el brote.

Conclusiones

Las dosis de 1×10^6 UFC por plántula con 96% de supervivencia, logró demostrar que la presencia de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal ayuda a las plantas a tener un mejor acoplamiento al ambiente *ex vitro*. Por lo tanto, la aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal podría implementarse como bioestimulante en condiciones *ex vitro*. La inoculación anticipada de *Azospirillum brasilense* en plántulas de vainilla es una opción para aumentar la supervivencia durante la aclimatización.

Referencias

da Silva Oliveira, C. E., A. Jalal, L. Vitória S., V. Giolo M., T. J. Oliveira S. S., J. Aguilar, *et al.* 2023. Inoculation with *Azospirillum brasilense* strains AbV5 and AbV6 increases nutrition, chlorophyll, and leaf yield of hydroponic lettuce. Plants 12:3107.

de Oliveira, A.J.M., P. Vytória C., A. Filipe R., L. Vera S., A. D. Lopes J., Y. Castro M., *et al.* 2024. Application Frequency and Colonization of the Rhizosphere of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duchesne) Plants by *Azospirillum Brasilense*. J. Plant Growth Regul. 43:986–997.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant 15:473-497.

Ribeiro, V.P., E. Aparecida G., S. Morais S., U. Gomes P. L., A. Marcos C., I. Evódio M., *et al.* 2022. Co-inoculation with tropical strains of *Azospirillum* and *Bacillus* is more efficient than single inoculation for improving plant growth and nutrient uptake in maize. Arch. Microbiol. 204:143.

Su, F., B. Zhao, S. Dhondt-Cordelier and N. Vaillant-Gaveau. 2024. Plant-growth-promoting rhizobacteria modulate carbohydrate metabolism in connection with host plant defense mechanism. Int. J. Mol. Sci. 25:1465.

MICROPROPAGACIÓN DE *Agave marmorata* Roelz UTILIZANDO BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL: EFICIENCIA Y CALIDAD FISIOLÓGICA

María del Rosario Moreno-Hernández[1], Eucario Mancilla-Álvarez[1], Adriana Contreras-Oliva[1], Maurilio Mendoza-Mexicano[2] y Jericó Jabín Bello-Bello[3]*

[1]Colegio de postgraduados-Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, 94953 Veracruz, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, Carretera Federal Veracruz Córdoba Km. 34, 91700 Veracruz, México.
[3]SECIHTI Colegio de postgraduados-Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes 94953 Veracruz, México.
*Autor para correspondencia:jericobello@gmail.com

Palabras clave: *Clorofila, Multiplicación in vitro, Frecuencias, Aclimatización.*

Introducción

Agave (*Agave marmorata* Roelz), es una planta silvestre monocárpica de la familia Asparagaceae. Esta especie se utiliza principalmente para la elaboración de mezcal y pulque, bebidas alcohólicas tradicionales mexicanas. A pesar de su importancia, las poblaciones de *A. marmorata* se encuentran en riesgo debido a la destrucción de su hábitat natural y a la sobreexplotación para la producción de bebidas alcohólicas. La reproducción de *A. marmorata* es de manera asexual, con limitado número de hijuelos, y de forma sexual, sin embargo, la esta presenta escasez de semillas debido a la extracción masiva de las plantas antes de la floración, al prolongado periodo requerido para la reproducción sexual y la ausencia de un manejo sustentable del cultivo (Martínez-Rodríguez *et al*., 2022). Estas circunstancias han generado la búsqueda de alternativas biotecnológicas para la propagación de esta importante especie mexicana.

La propagación *in vitro* de *A. marmorata* utilizando sistemas de inmersión temporal (SIT) es una alternativa para la producción rápida y eficiente de plantas con alta calidad genética y fitosanitaria (Correa-Hernández *et al*., 2022). Los SIT consisten en utilizar biorreactores semiautomáticos diseñados para la propagación a gran escala de tejidos, embriones, células u órganos expuestos temporalmente en un medio de cultivo líquido durante un tiempo y una frecuencia determinada. El objetivo de este estudio fue desarrollar un protocolo para la micropropagación a gran escala de *A. marmorata* utilizando el biorreactor de inmersión temporal.

Materiales y métodos

Establecimiento y propagación *in vitro* de material vegetal

Se recolectaron plantas de *Agave marmorata* Roelz. de aproximadamente 1 año de edad en la comunidad de San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Puebla, México (18°48'37.3"N 98°19'39.3"O). Las plantas fueron llevadas a laboratorio y despojadas de sus hojas dejando únicamente el tallo. Los tallos se lavaron con abundante agua corriente y jabón líquido (Axion® Mission Hills, S.A. de C.V., San José de Iturbide, Guanajuato, MX). En campana de flujo laminar, fueron sumergidos en etanol al 70% (v/v) por 3 min y en una solución al 10% (v/v) del cloro comercial Cloralex™ (6% i.a., Industrias Alen, S.A. de C.V, Nuevo León, MX) adicionada con dos gotas de Tween 20® (Sigma-Aldrich® Chemical Company, Saint Louis, MO, USA.) durante 5 min, seguido de 5 enjuagues con agua destilada estéril. Finalmente, el meristemo apical fue extraído y se cultivó en medio semisólido MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con 3 mg/L de Bencilaminopurina (BAP, Sigma-Aldrich®), 100 mg/L de ácido ascórbico y 50 m/L de cisteína. El medio de cultivo se ajustó a un pH de 5.7 ± 0.1, luego se adicionó agar (PhytoTech Labs, KS, USA) al 0.80% como agente gelificante y se esterilizó en autoclave (Felisa® FE299, Jalisco, MX) a 121°C y 115 kPa durante 15 min. Los explantes se incubaron a 24 ± 2 °C y se mantuvo bajo un fotoperíodo de 16:8 h (luz: oscuridad) con una irradiancia de 45 µmol m^2/s. Después de 30 días de cultivo, los ápices se transfirieron a la fase de multiplicación en medio MS semisólido suplementado con 3 mg/L BAP (Sigma-Aldrich®) y 2 mg/L IAA (indole-3-acetic acid, Sigma-Aldrich®). Después de tres subcultivos (45 d cada uno) en fase de multiplicación, se tomaron dos brotes como fuente de explante para los experimentos con los diferentes sistemas de cultivo.

Efecto del sistema de cultivo en la regeneración de brotes

Para evaluar diferentes sistemas de cultivo se utilizó el medio de cultivo semisólido y líquido utilizando biorreactor de inmersión temporal (BIT) en etapa de multiplicación *in vitro* con el medio descrito anteriormente. Para los

diferentes sistemas de cultivo se utilizaron frascos de 1 L, cada uno con 10 explantes, para el medio semisólido se añadió agar al 0.80% (v/v). Para ambos casos se utilizaron 500 mL de medio de cultivo (50 mL por explante) para mantener la igualdad de condiciones de cultivo. Para el BIT la frecuencia de inmersión fue de 2 min cada 8 h. Se usaron tres frascos en medio semisólido y tres BIT para cada sistema de cultivo con las condiciones de incubación descritas anteriormente. Después de 60 días de cultivo, se registró el porcentaje de hiperhidricidad, número y longitud de brotes y el contenido de clorofila, este último, de acuerdo con Harborne (1973). Para el BIT se evaluaron las frecuencias cada 4, 8 y 12 h, con un tiempo de inmersión de 2 min. En todos los casos, se añadieron 50 mL de medio líquido de multiplicación por explante, colocando 10 explantes por biorreactor. El experimento se replicó tres veces para cada frecuencia y se ubicó en una sala de cultivo con las condiciones de incubación anteriormente descritas. Tras determinar la frecuencia de inmersión más adecuada para la proliferación de brotes (2 min cada 8 h), se evaluaron diferentes volúmenes de medio de cultivo (25, 50, 75 y 100 mL por explante) y densidades (20, 10, 7 y 5 explantes por biorreactor). Se utilizaron tres sistemas de biorreactores con 500 mL de medio líquido con el correspondiente número de brotes. Finalmente, se evaluó el porcentaje de supervivencia durante la aclimatización.

Diseño experimental y análisis estadístico

Todos los experimentos se realizaron con un diseño completamente al azar y se repitieron tres veces. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias según Tukey ($p < 0.05$) utilizando el programa SPSS® (Statistical Package for the Social Sciences). Los datos porcentuales se transformaron con la fórmula Y = arcoseno (√ (x/100)), donde «x» es el valor porcentual.

Resultados y discusión

Efecto del sistema de cultivo en la regeneración de brotes: se encontraron diferencias significativas entre las variables evaluadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del sistema de cultivo, frecuencia de inmersión, volumen de medio de cultivo por explante, sobre la regeneración y supervivencia de brotes durante la etapa de aclimatización de *Agave marmorata* Roezl.

Tratamientos	Hiperhidricidad (%)	Número de brotes por explante	Longitud del brote (cm)	Clorofila total (mg/g PF	Supervivencia (%)
Sistema de cultivo					
Semisólido	13.33 ± 3.33a	7.20 ± 0.61c	2.22 ± 0.13a	0.25 ± 0.02bc	98.00 ± 1.15a
Inversión temporal	3.33 ± 1.66b	19.60 ± 1.74a	1.74 ± 0.08b	0.31 ± 0.01a	97.67 ± 1.15a
Frecuencia inmersión (2 min inmersión)					
Frecuencia cada 4 h	16.66 ± 3.33a	9.90 ± 0.58c	2.57 ± 0.17a	0.20 ± 0.00c	97.67 ± 1.45a
Frecuencia cada 8 h	3.33 ± 1.66b	19.60 ± 1.74a	1.74 ± 0.08b	0.31 ± 0.01a	97.67 ± 1.15a
Frecuencia cada 12 h	3.33 ± 1.66b	16.50 ± 1.03b	1.75 ± 0.08b	0.28 ±0.01ab	98.08 ± 0.88a
Volumen del medio de cultivo por explante (mL)					
100	3.33 ± 1.66b	21.40 ± 1.74a	2.37 ±0.04b	0.32 ± 0.01a	99-02 ± 0.80a
75	3.33 ± 1.66b	20.75 ± 1,25a	1.83 ± 0.06b	0.31 ± 0.00a	98.05 ± 1.03a
50	3.33 ± 1.66b	20.50 ± 1,84a	1.82 ± 0.03b	0.30 ± 0.01a	98.03 ± 1.40a
25	3.33 ± 1.66b	15.30 ± 0.60b	1.69 ± 0.05a	0.26 ± 0.00b	98.04 ± 0.50a

Los valores representan la media ± error estándar a los 60 días de cultivo. Las medias con letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey p <0.05).

El mayor porcentaje de hiperhidricidad se observó en la frecuencia de inmersión de cada 4 h con 16.66% de hiperhidricidad; mientras que, los menores porcentajes se observaron en las frecuencias de cada 8 y 12 h, con 3.33% de hiperhidricidad. En este estudio, el bajo porcentaje de hiperhidricidad en el sistema de cultivo en BIT podría deberse a que estos sistemas permiten una renovación de aire en la atmósfera dentro del contenedor por intercambio de gases (etileno, O_2, CO_2, y N_2). Para el número de brotes, el mayor número se observó en la frecuencia de cada 8 h con 19.60 brotes por explante; mientras que, la menor producción de brotes se presentó en las frecuencias de inmersión de cada 4 y 12 h, con 9.90 y 16.50 brotes por explante, respectivamente. Para la variable longitud de brotes, la frecuencia con los brotes más largos fue cada 4 h, con 2.57 cm de longitud; mientras que, los brotes de menor longitud se observaron en el tiempo de inmersión de cada 8 y 12 h, con 1.74 y 1.75 cm de altura, respectivamente. Monja-Mio *et al*. (2021), encontraron que, la producción de brotes de agave (*A. angustifolia*) aumentó 1.5 veces en el biorreactor RITA en comparación con el medio de cultivo semisólido. El mayor contenido de clorofila total se observó en el sistema de cultivo en SIT, con 0.31 mg/g PF; mientras que, el

menor contenido se obtuvo en el sistema de cultivo en medio semisólido, con un 0.25 mg/g PF. Para la frecuencia de inmersión, el mayor contenido de clorofila total se observó en la frecuencia de cada 8 h, con 0.31 mg g^{-1} PF; mientras que, el menor se obtuvo en la frecuencia de cada 4 h, con 0.20 mg/g PF. Para los diferentes volúmenes de medio de cultivo evaluados, el mayor contenido de clorofila total se observó en los volúmenes con 100, 75 y 50 mL, con 0.32, 0.31 y 0.30 mg/g PF, respectivamente; mientras que, el menor contenido de clorofila total se presentó en el volumen de 25 mL, con 0.26 mg/g^{-}PF. Correa-Hernández *et al*. (2022) en *A. potatorum* señalan que, al usar un volumen de 50 mL de medio de cultivo por explante, incrementaron la tasa de multiplicación. Los resultados en la etapa de aclimatización no mostraron diferencias significativas entre los diferentes sistemas de cultivo evaluados, frecuencias de inmersión y volumen de medio de cultivo por explante.

Conclusión

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron la eficiencia de los biorreactores de inmersión temporal al utilizar una frecuencia de 2 minutos cada 8 horas y con un volumen de 50 mL de medio de cultivo por explante para la multiplicación *in vitro* de *A. marmorata*. Bajo estas condiciones se logró triplicar el número de brotes por explante en comparación con el sistema de cultivo en medio semisólido. Este protocolo es de gran utilidad para reducir costos de producción sin afectar la tasa de multiplicación *in vitro* y la longitud de los brotes. Además, se recomienda evaluar en un futuro otros modelos de biorreactores para la micropropagación a gran escala de *A. marmorata.*

Referencias bibliográficas

Correa-Hernández, L., Baltazar-Bernal, O., Sánchez-Páez, R., and Bello-Bello, J. J. (2022). *In vitro* multiplication of agave tobala (*Agave potatorum* Zucc.) using Ebb-and-Flow bioreactor. *South African Journal of Botany*, *147*, 670-677.

Harborne, J.B. (1973). Nitrogen compounds. *In*: Phytochemical methods. Springer, Dordrecht, pp 166-211.

Martinez-Rodriguez, A., Beltran-Garcia, C., Valdez-Salas, B., Santacruz-Ruvalcaba, F., Di Mascio, P., Beltran-Garcia, M.J. (2022). Micropropagation of Seed-Derived Clonal Lines of the Endangered *Agave marmorata* Roezl and Their Compatibility with Endophytes. Biology. 11, 1423.

Monja-Mio, K. M., Olvera-Casanova, D., Herrera-Alamillo, M. Á., Sánchez-Teyer, F. L., & Robert, M. L. (2021). Comparison of conventional and temporary immersion systems on micropropagation (multiplication phase) of *Agave angustifolia* Haw. 'Bacanora'. *3 Biotech*, *11*, 1-8.

Murashige, T.y Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant. 15, 473-497.

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN *Zamia furfuracea*: UNA CÍCADA ENDÉMICA DE MÉXICO

Iliana Santiago-Hernández[1], Alejandro Salinas-Castro[2], Maurilio Mendoza-Mexicano[3] y Jericó Jabín Bello-Bello[4]*

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. C.P. 91700.
[2]Centro de Investigación de Micología Aplicada, Unidad del Bosque, Xalapa, Ver. México. C.P. 91010.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34 carretera federal Veracruz-Córdoba, Cotaxtla, Ver., México. C.P. 91700.
[4]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 Córdoba-Veracruz Federal, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94953.
*Autor para correspondencia: jericobello@gmail.com

Palabras clave: *Peligro de extinción, Inducción, Embriones, Semillas.*

Introducción

La palma de cartón *(Zamia furfurácea)*, es una gimnosperma perteneciente a la familia Zamiaceae, endémica de la región costera del sureste de México. Esta especie tiene una gran demanda en el mercado ornamental debido a su belleza estética y rusticidad, lo que ha intensificado su extracción del medio silvestre. Como resultado, *Z. furfuracea* se encuentra actualmente amenazada, principalmente la recolección no regulada y la pérdida progresiva de su hábitat natural. Estas presiones, sumadas a características biológicas desfavorables, como su lento crecimiento y baja tasa de germinación, han contribuido a su inclusión en la categoría de "en peligro de extinción" según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en los Apéndices I y II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Ante este panorama, es urgente desarrollar estrategias de propagación eficientes que apoyen su conservación y producción sostenible. En este contexto, la biotecnología vegetal, en particular el cultivo de tejidos vegetales en la embriogénesis somática (ES), se presenta como una alternativa prometedora para la reproducción y conservación de la especie. La embriogénesis somática es el proceso de desarrollo por el cual las células somáticas se reestructuran para generar células embriogénicas. Una de sus características es el uso de la totipotencia celular para promover la proliferación celular, seguida de la inducción, diferenciación, maduración y germinación mediante reguladores del crecimiento, lo que da lugar a la formación de un embrión somático capaz de regenerar plantas (Ganie *et al*., 2025). El objetivo de esta investigación fue establecer un protocolo de regeneración de plántulas de *Z. furfuracea*, con el método de embriogénesis somática indirecta.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se recolectaron semillas de *Z. furfuracea* en el municipio de Boca del Río, Veracruz. En campana de flujo laminar se sumergieron en etanol al 70% (v/v) durante 1 min seguido de un tratamiento con una solución al 20% (v/v) de hipoclorito de sodio (5% de i.a.) (Cloralex™, Industrias Alen S.A. de C.V., Nuevo León, México) durante 20 min y finalmente se realizaron tres enjuagues con agua esterilizada. Los embriones fueron extraídos con ayuda de un bisturí y cultivados en frasco de vidrio de 50 mL que contenían 15 mL de medio Murashige y Skoog (MS) suplementado con 1 mg/L de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (SIGMA AGRO S.A., Buenos Aires, Argentina) y 2 mg/L kinetina (Kin, Merck kgaa®).

Embriogénesis somática (ES). Los embriones se cultivaron en el medio de inducción propuesto por Chávez *et al*. (1992). El medio de inducción MS y los compuestos orgánicos glutamina (400 mg/L), arginina (100 mg / L), asparagina (100 mg/L), sacarosa (60 g/L), phytagel (2.5 g), adicionó regulador de crecimiento (0, 0.5,1.0 y 2.0 mg/L) ácido 2,4-diclorofenoxiacético, una combinación de 1.0 mg/L de ácido 2,4-diclorofenoxiacético y 2.0 mg/L kinetina. Todos los medios se ajustaron a un pH de 7.0 con HCl 1N y/o NaOH 1N, y se esterilizaron a 121°C durante 15 minutos. Los cultivos se incubaron en la oscuridad a 25°C y se subcultivaron mensualmente durante tres meses con un fotoperíodo de 10 horas y 14 horas de oscuridad.

Resultados y discusión

Inducción de callo embriogénico. Tras seis semanas de cultivo *in vitro*, los explantes derivados de embriones cigóticos desarrollaron tejido de tipo calloso, con una coloración predominantemente amarillo-blanquecina (Figura 1a). Estos callos se mantuvieron en el medio de inducción inicial y se subcultivaron cada cuatro semanas en

medios con la concentración de regulador del crecimiento 2,4-D se redujo a la mitad. Tras cuatro meses de subcultivo, se observó la formación de tejido calloso friable en los cultivos (Figura 1b). Con el fin de evaluar la influencia de los reguladores del crecimiento sobre la ES, se transfirieron fragmentos de callo de aproximadamente 1 cm³ a medios específicos. La inducción de masas celulares proembriogénicas se logró en medios suplementados con 2.0 mg/L de (2,4-D), así como en medios que contenían 1.0mg /L de 2,4-D en combinación con 2.0 mg/L de kinetina (Figura 1c). Posteriormente, tras nueve meses de cultivo, las masas proembriogénicas desarrollaron estructuras amorfas, en las que se observaron embriones somáticos en diferentes estadios morfológicos: globular, corazón y torpedo (Figura 1d-f).

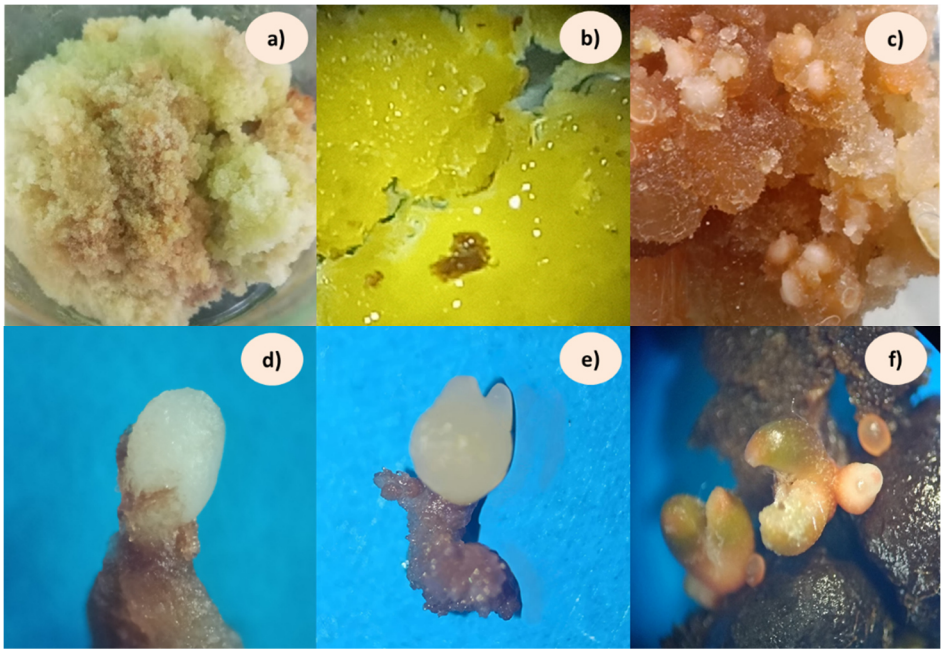


Figura 1. Embriogénesis somática indirecta de *Z. furfuracea*: a) inducción de callo b) callo friable c) callo embriogénico, d) embrión en estado globular, e) embrión en estado corazón y f) embrión en estado de torpedo.

Los resultados obtenidos con el tratamiento de regulador 2.0 mg/L de 2,4-D y el tratamiento combinado de 1 mg/L de 2,4-D y 2 mg/L de kinetina, en este estudio demuestran que *Z. furfuracea* tiene capacidad para responder favorablemente a la formación de callo a partir de explantes de embriones cigóticos. Chávez *et al*. (2005) informaron en la cícada (*Ceratozamia mexicana*) tiene la capacidad de respuesta en la inducción de callo con embriones cigóticos. La coloración amarillenta-blanquecina del callo observado puede estar asociada a un estado embrionario activo, como se ha descrito en otras especies, en las que el color del callo puede ser un indicador de su potencial morfogénico. Din *et al*. (2021) observaron en palmera datilera (*Phoenix dactylifera*) los callos con coloración amarillenta a marrón que generó plántulas. Esta coloración tiene un mayor potencial morfogénico y capacidad para formar embriones somáticos.
La diferenciación de embriones en fases globular, corazón y torpedo, indica una progresión ordenada del desarrollo embrionario somático. Esto constituye un criterio clave para validar la embriogénesis completa. Martínez-Martínez *et al*. (2021) reportaron en agave (*Agave marmorata*) en combinación de 2,4-D y kinetina embriones en sus diferentes fases (inducción, diferenciación, maduración y germinación). Estas fases reflejan una secuencia ordenada de desarrollo morfogenético, necesaria para que un embrión somático pueda convertirse en una planta completa y funcional. En embriogénesis somática, observar estas fases es un indicador de éxito en el proceso de regeneración.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la embriogénesis somática puede ser inducida eficientemente a partir de embriones cigóticos mediante cultivo *in vitro*, utilizando reguladores del crecimiento específicos. La formación inicial de callo embriogénico, caracterizado por una morfología compacta y coloración amarillo-blanquecina, constituye una respuesta indicativa del inicio del proceso embriogénico. La adición al medio

2,0 mg/L de 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), así como su combinación con 2,0 mg/L de kinetina, fue determinante para la inducción de masas celulares proembriogénicas.

Referencias bibliográficas

Chávez, V. M., R. Litz E. and K. Norstog. 1992. *In vitro* morphogenesis of *Ceratozamia hildae* and *C. mexicana* from megagametophytes and zygotic embryos. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 30:93-98.

Chávez, V. M., S. Cabrera L., R. Litz E. y P. Moon A. 2005. Recuperación de especies de difícil regeneración: El ejemplo de las cícadas. 738 p. *In*: Simposio Internacional sobre Biotecnología de Cultivos Frutales de Zonas Templadas y Especies Tropicales. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.738.3

Din, A., O. Elbar, S. Turki, K. Ramadan, H. El-Beltagi, H. Ibrahim *et al.* 2021. Morpho-anatomical and biochemical characterization of embryogenic and degenerative embryogenic Calli of *Phoenix dactylifera* L. Horticulturae 7(10):393.

Bashir, I., G. Zishan A. and A. Shahzad. 2025. Application of synthetic seeds and somatic embryogenesis in changing climate conditions. Taylor & Francis Group. New York, NY, USA. 260 p.

Martínez-Martínez, S., A. Arzate-Fernández, C. Álvarez-Aragón, I. Martínez-Velasco y T. Norman-Mondragón. 2021. Regeneración de plantas de *Agave marmorata* Roelz en sistemas de inmersión temporal, mediante organogénesis y embriogénesis somática. Agroecosist. Trop. Subtrop. 24(84):1-13.

IDENTIFICACIÓN DE CLÚSTERS DE GENES DE BIOSÍNTESIS (BGCS) EN EL GENOMA DE UNA BACTERIA PGPR DEL GÉNERO (*Stenotrophomonas*)

Felipe Roberto Flores-de la Rosa[1]*, Jacel Adame-García[2], Carlos González-Cruz[1], Ricardo Santillán-Mendoza[1], Humberto Estrella-Maldonado[1] y Cristian Matilde-Hernández[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, km 4.5 carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Tlapacoyan, Ver., México.
[2]Tecnológico Nacional de México Campus Úrsulo Galván. A El Paraíso s/n, Campestre, 91667 Úrsulo Galván, Ver., México.
*Autor para correspondencia: flores.felipe@inifap.gob.mx

Palabras clave: *PGPRs, Genómica, Bioinformática, Control biológico.*

Introducción

La agricultura a nivel mundial requiere de la utilización de suplementación nutricional para que los cultivos generen un rendimiento óptimo y se obtengan la producción necesaria para una creciente demanda de alimentos. Los fertilizantes minerales han sido un aliado esencial durante muchas décadas, sin embargo, su uso irracional ha causado estragos ambientales en suelos y mantos acuíferos (Madjar *et al*., 2024). Debido a lo anterior, utilizar fertilizantes amigables con el ambiente es una prioridad. Una de las estrategias más ampliamente utilizadas para obtener fertilizantes sustentables es el uso de microrganismos, especialmente el uso de Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (PGPRs, por siglas en inglés). Las PGPRs han demostrado tener influencia en el crecimiento de los cultivos y su rendimiento mediante efectos directos, como la biofertilización mediante la fijación y solubilización de nutrientes no disponibles para las plantas; así como efectos indirectos como la producción de compuestos antibióticos que inhiben el desarrollo de organismos fitopatógenos (Khoso *et al*., 2024). El avance en las ciencias ómicas han permitido que el estudio y la caracterización de diversas cepas PGPRs sea a mayor profundidad, con lo cual se pueden observar el potencial biotecnológico de las mismas. Por ejemplo, se puede identificar los componentes necesarios para la producción de metabolitos secundarios asociados a la solubilización de nutrientes o la producción de compuestos previamente reportados para el control de organismos patógenos. Generalmente estos compuestos se producen en Clústers de Genes de Biosíntesis (BGCs, por siglas en inglés), los cuales son arreglos espaciales en el genoma de genes asociados a rutas de producción de un metabolito específico (Yvens *et al*., 2022). Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar BGCs en el genoma una cepa PGPR obtenidas de un suelo tropical perteneciente al género *Stenotrophomonas* y determinar su potencial biotecnológico.

Materiales y métodos

Se utilizó la cepa bacteriana *Stenotrophomonas* sp. JAG2, previamente aislada y caracterizada como PGPR por Adame-García *et al.* (2024). La cepa fue cultivada en medio LB a 37°C durante 24 horas y se extrajo el ADNg mediante el kit especializado ZymoBIOMICS™ DNA Miniprep kit de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Posteriormente, el ADNg se analizó para su calidad y concentración mediante espectrofotometría en un Nanodrop OneC y para su integridad mediante electroforesis en gel de agarosa (1%, 90 V, 60 min).

Para secuenciar el genoma, el ADNg de alta calidad y peso molecular se envió a la Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva y Bioinformática (UUSMB) del Instituto de Biotecnología de la UNAM, en donde se construyeron las bibliotecas genómicas y se realizó la secuenciación mediante la plataforma Illumina NextSeq500 (paired-end 2 x 75). Posteriormente, la calidad de las lecturas fue analizada mediante el software FastQC v0.12.1. El genoma fue ensamblado y anotado utilizando diversas herramientas bioinformáticas.

El genoma anotado fue utilizado para identificar los BGCs utilizando la plataforma antiSMASH (https://antismash.secondarymetabolites.org/#!/start), en su versión para genomas bacterianos, con todas las opciones de búsqueda habilitadas y comparaciones contra la base de datos MIBiG (https://mibig.secondarymetabolites.org/). Finalmente, se predijeron islas genómicas utilizando IslandViewer 4 (https://www.pathogenomics.sfu.ca/islandviewer), aplicando los métodos SIGI-HMM e IslandPath-DIMOB (Bertelli *et al*., 2017). Los resultados fueron visualizados mediante gráficos circulares generados por la misma plataforma.

Resultados y discusión

El genoma se ensambló utilizando el software Spades. Para la cepa *Stenotrophomonas* JAG2, el contenido de GC fue de 67.08%. En cuanto al número de genes predichos, JAG2 presentó 3,711 CDSs (secuencias codificantes). El ensamblaje mostró un valor de completitud superior al 99% según BUSCO. Además, se obtuvo un porcentaje de contaminación del 1.5% para esta cepa. También se generó un mapa genómico que muestra la densidad de las regiones codificantes de los genes predichos y anotados, así como la presencia de diferentes tipos de ARN no codificante. Este mapa circular se presenta en la Figura 1.

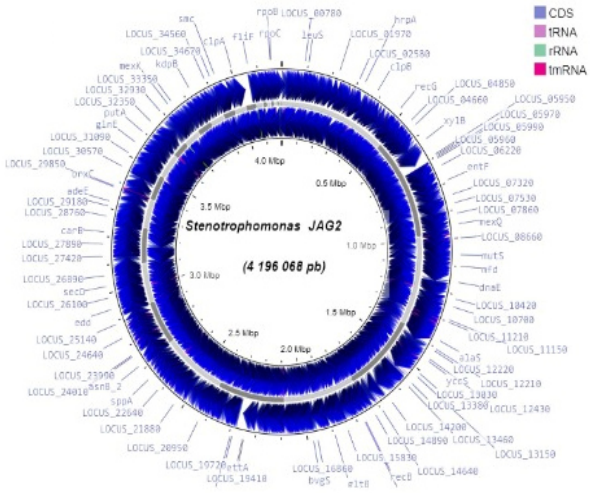


Figura 1. Mapa circular del genoma de *Stenotrophomonas* cepa JAG2. Se muestra la densidad de las regiones codificantes y la presencia de tRNA, rRNA y tmRNA.

En *Stenotrophomonas* sp. JAG2 se identificó un clúster de genes biosintéticos (BGC) potencialmente asociado con la producción del sideróforo 2,3-dihidroxibenzoilserina, previamente reportado en especies de este mismo género (Qin *et al*., 2024). Además, JAG2 presentó BGCs involucrados en la biosíntesis de arilpolienos y compuestos del tipo NRP-metalóforo/NRPS, los cuales se sabe que desempeñan un papel importante en la competencia por nicho frente a fitopatógenos, contribuyendo así de manera indirecta al crecimiento vegetal. Los BGCs identificados se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Identificación de clústeres de genes biosintéticos (BGCs) en la cepa *Stenotrophomonas* JAG2.

Tipo de BGC	Longitud (pb)	ORF´s	Nivel de similitud	BGC conocido más similar	MIBiG Accesión
Precursor de terpenos	20878	16	-	-	-
NRP-metalóforo/NRPS	48405	44	Low	2,3-dihidroxibenzoilserina	BGC0002689
Tipo RiPP	10872	9	-	-	-
Arilpolieno	43614	42	Low	APE Vf	BGC0000837
RiPP con azole	22099	19	-	-	-
Precursor de terpeno	3662	2	-	-	-

El BGC asociado a la 2,3-dihidroxibenzoilserina es de amplio interés, ya que es un sideróforo con alto potencial biotecnológico. En la Figura 2 se muestra el BGC y su similitud con otros reportados en la literatura.

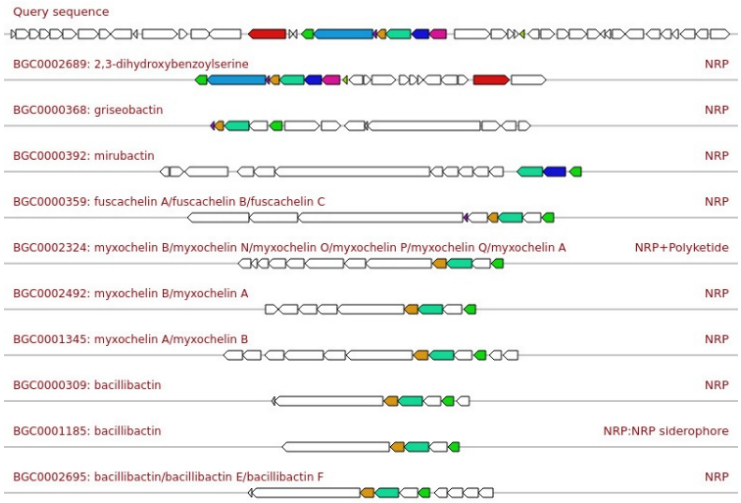


Figura 2. Comparación del BGC de biosíntesis de 2,3-dihidroxibenzoilserina en el genoma de *Stenotrophomonas* JAG2 con otros BGC conocidos.

Conclusiones

Se identificaron al menos seis BGCs en el genoma de la cepa *Stenotrophomonas* JAG2, de los cuales al menos dos se asociaron a la producción de sideróforos y competencia por el nicho con fitopatógenos. Esto es un indicativo de su potencial biotecnológico para una agricultura sustentable.

Referencias bibliográficas

Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Fernández-Viveros, J. A., Cabrera-Mireles, H. y CornejoCastillo, R. 2024. Effect of microbial biostimulants on seedlings and fruits of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) produced in macrotunnel. Revista Bio Ciencias 11, e1566. https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1566

Khoso, M. A., Wagan, S., Alam, I., Hussain, A., Ali, Q., Saha, S. and Liu, F. 2024. Impact of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on plant nutrition and root characteristics: Current perspective. Plant Stress 11:100341.

Madjar, R. M., Vasile Scăețeanu, G. and Sandu, M. A. 2024. Nutrient water pollution from unsustainable patterns of agricultural systems, effects and measures of integrated farming. Water 16(21):3146.

Qin, Y., Wu, X., Li, C., Zhang, X., Wang, P., Tan, X. and Chen, Y. 2024. Analysis of the antagonistic effect of Stenotrophomonas geniculata WXY53 on *Magnaporthe oryzae* through bioassays and Whole-Genome sequencing. Biological Control 196:105587.

Yvens, A. J., Verdel-Aranda, K., Martinez-Hernandez, A., de Jesús Yañez-Morales, M. and Reyna, J. L. 2022. Genome mining for bioprospecting of biosynthetic genes clusters for bacterial metabolites potentially useful in agroecological production en la producción agroecológica. Agro Productividad 15(9):77-87.

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE ESPECIES DE *Lasiodiplodia* ASOCIADAS A NARANJA DULCE CON MUERTE DESCENDENTE

Ricardo Santillán-Mendoza[1]*, Jazmín Vergara-Estudillo[2], Felipe Roberto Flores-de la Rosa[1], Humberto Estrella-Maldonado[1], Cristian Matilde-Hernández[1] y María del Carmen Pablo-Mendoza[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, Km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Tlapacoyan, Ver., México.
[2]Tecnológico Nacional de México Campus Teziutlán, Aire Libre I y II, C.P. 73960, Teziutlán, Pue., México.
*Autor para correspondencia: santillan.ricardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Citrus sinensis, tef1-α, tub2, rpb2, Análisis filogenéticos.*

Introducción

La citricultura es una de las actividades agrícolas más importantes a nivel mundial, destacando la producción de naranja. México ocupa el cuarto lugar global como productor, siendo Veracruz uno de los principales estados citrícolas. Este cultivo representa una fuente significativa de ingresos y empleo, además de aportar beneficios nutricionales relevantes (FAOSTAT, 2022); sin embargo, el clima cálido húmedo de regiones como el centro-norte de Veracruz favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas. Una de las más relevantes es la muerte descendente, causada por hongos de la familia *Botryosphaeriaceae*, especialmente del género *Lasiodiplodia*. Esta enfermedad provoca necrosis, cancros y eventualmente la muerte del árbol, afectando severamente la productividad citrícola. Estudios recientes en diversos estados del país, como Morelos, Tabasco y Sinaloa, han identificado diferentes especies de *Lasiodiplodia* asociadas a síntomas de muerte descendente en cítricos. Entre ellas destacan *L. theobromae, L. pseudotheobromae, L. iraniensis, L. citricola, L. lignicola* y *L. mexicanensis*. Algunas de estas especies fueron reportadas por primera vez en limón persa y en cítricos de manera general (Polanco-Florian *et al.,* 2019; Santillán-Mendoza *et al.,* 2024). La identificación de estas especies se ha realizado mediante análisis filogenético multigénico, utilizando secuencias de regiones como ITS, *tef1-α, tub2 y rpb2*, las cuales permiten una resolución precisa. En este contexto, el objetivo del presente trabajo se enfocó en la caracterización molecular de especies de *Lasiodiplodia* aisladas de árboles de naranja dulce con síntomas de muerte descendente en los municipios de Cazones de Herrera, Martínez de la Torre, Misantla, San Rafael y Tlapacoyan, Veracruz. Este estudio es fundamental, ya que no existen registros previos para esta enfermedad en la región. Los resultados permitirán establecer estrategias de manejo que mejoren la sostenibilidad del cultivo y el bienestar de los productores.

Materiales y Métodos

Colecta de muestras, obtención de aislados fúngicos y pruebas de patogenicidad. La colecta de las ramas con muerte descendente se llevó cabo en los municipios de Cazones de Herrera, Martínez de la Torre, Misantla, San Rafael y Tlapacoyan, Veracruz. Se colectaron 18 ramas con síntomas en ocho huertas, utilizando un muestreo completamente al azar. El aislamiento de los hongos asociados con el tejido sintomático y la caracterización patogénica en ramas de naranja dulce para comprobar los postulados de Koch, fueron realizados previamente por Marín-Oluarte *et al.* (2023).

Extracción de ADN. Los aislados se inocularon en tubos cónicos de 50 mL con 15 mL de caldo papa-dextrosa y se incubaron a 25°C durante siete días, posteriormente las pastillas de micelio se lavaron, secaron y molieron con nitrógeno líquido, el micelio se procesó para extraer el ADN con el método de CTAB (Santillán-Mendoza *et al.,* 2024). El ADN se re suspendió en agua grado biología molecular y su integridad fue analizada mediante electroforesis en gel de agarosa y espectrofotometría.

Amplificaciones PCR de regiones ribosomales y nucleares. Inicialmente, la región espaciadora transcrita interna (ITS, primers Fw 5´TCCTCCGCTTATTGATATGC´3 y Rv 5´GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG´3) fue amplificada por PCR. Posteriormente los productos fueron resueltos mediante electroforesis en gel de agarosa, purificados y mandados a secuenciar al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. Con base en la región ITS, se seleccionaron doce cepas representativas de *Lasiodiplodia* para la amplificación PCR y posterior secuenciación de los genes factor de elongación de la traducción 1-alfa (*tef1-α,* primers Fw 5´CGGTCACTTGATCTACAAGTGC´3 y Rv 5´CCTCGAACTCACCAGTACCG´3), tubulina (*tub2,* primers Fw 5´GGTAACCAAATCGGTGCTGCTTTC´3 y Rv 5´ACCCTCAGTGTAGTGACCCTTGGC´3), y la segunda

subunidad grande de la ARN polimerasa II (*rpb2,* primers Fw5´GAYGAYMGWGATCAYTTYGG´3 y Rv 5´CCCATRGCTTGYTTRCCCAT´3).
Alineamiento de secuencias y análisis filogenéticos. Las secuencias de cada una de las regiones secuenciadas (ITS, *tef1-α, tub2*, y *rpb2*) fueron ensambladas y editadas con el software Staden Package. En seguida, fueron alineadas usando el programa MAFFT v.7, y editados manualmente con el programa MEGA XI. Por último, las secuencias fueron concatenadas con el programa SequenceMatrix v.1.8. Los árboles filogenéticos para las secuencias concatenadas fueron inferidos usando los criterios de Maxima Verosimilitud (MV) empleando el software RAxML, con 1,000 réplicas bootstrap, la Inferencia Bayesiana (IB) fue realizada con el programa MrBayes v.3.2.7a utilizando el algoritmo Markov Chain Monte Carlo con cuatro cadenas por corrida, con 10,000,000 de generaciones, calculando las probabilidades posteriores (PP) en el árbol consenso de mayoría. La topología de los árboles fue visualizada usando el programa FigTree v1.4.0. El modelo de evolución molecular para las secuencias concatenadas, se realizó bajo el Criterio de Información de Akaike con el programa ModelTest-NG v.0.1.7.

Resultados y discusión
Obtención de aislados fúngicos, secuenciación de la región ITS y pruebas de patogenicidad. 36 aislados fúngicos fueron obtenidos a partir de las 18 ramas de naranja dulce con síntomas de muerte descendente, de las cuales 22 cepas presentaron características de crecimiento típico de *Lasiodiplodia* de acuerdo con Phillips *et al.* (2013); lo cual fue confirmado mediante la amplificación, secuenciación y análisis BLAST de la región ITS con porcentajes de identidad del 98.5 al 99.87% contra especies de *Lasiodiplodia* reportadas en la base de datos del GenBank del NCBI. Además, todos los aislados de *Lasiodiplodia* indujeron síntomas de gomosis y necrosis en las ramas inoculadas.
Amplificación PCR y secuenciación de las regiones *tef1-α, tub2*, y *rpb2.* Los análisis BLAST indicaron porcentajes de identidad del 98.57% al 99.53% para la región *tub2;* del 98.64 al 99.62% para la región *tef1-α;* y del 99.02 al 99.51% para la región *rpb2*. Aunque dichos porcentajes de identidad son altos, resultan insuficientes para la correcta identificación de las cepas de *Lasiodiplodia*, por lo cual se procedió a realizar un análisis filogenético concatenado con las cuatro regiones secuenciadas.
Análisis filogenéticos. Los datos concatenados de los loci, ITS, *tub2, tef1-α* y *rpb2*, empleando las 12 cepas de este trabajo, junto con 73 secuencias de 35 taxones con sus “extype” (cepas de referencia), además, *Diplodia seriata* se utilizó como grupo externo. Se seleccionó el modelo de evolución molecular GTR+G+I. La alineación final consistió de 1716 caracteres (ITS = 487, *tef1-α* = 318, *tub2* = 387, *rpb2* = 524).
En la Figura 1 se presenta el árbol de MV con mejor valor de verosimilitud de -6896.272958. Los valores Bootstrap (VB) para MV ≥ 60% y las probabilidades posteriores (PP) ≥ 0,90 se indican arriba en los nodos. Las cepas “extype” se muestran en negrita y las especies se delimitan con bloques de colores. Los aislados que fueron utilizados en la presente investigación se muestran en letras rojas con la nomenclatura IXBN seguida de su número de cepa. El árbol fue enraizado con *Diplodia seriata.*
Para las doce cepas la agrupación dio como resultado la ubicación en cinco clados, con VB de moderados a altos y altas PP. *L. iraniensis* fue la especie aislada con mayor frecuencia (41.6%), seguida de *L. pseudotheobromae* (25%), *L. subglobosa* (16.6%), *L. theobromae* (8.3%) y *L. mexicanensis* (8.3%), todas las especies encontradas con excepción de *L. subglobosa* coinciden con las especies reportadas en el trabajo de Santillán-Mendoza *et al.* (2024) en limón persa con muerte descendente, en dicho trabajo además reportaron a *L. lignicola* como agente causal de la enfermedad.

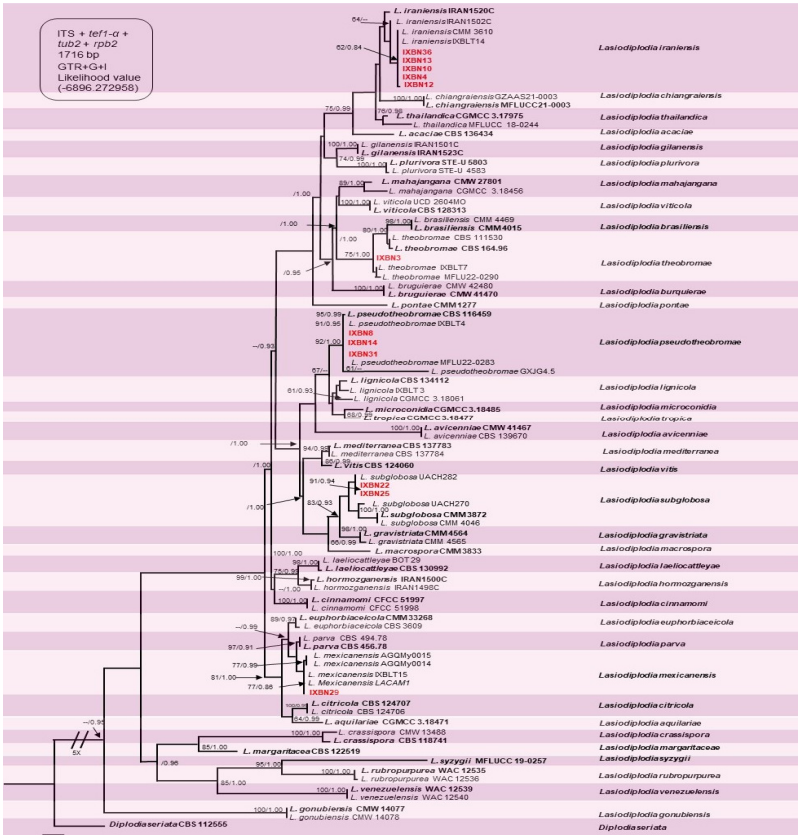


Figura 1. Árbol filogenético de *Lasiodiplodia* generado a partir del análisis de Máxima Verosimilitud del conjunto de datos concatenado de las regiones ITS, *tef1-α, tub2* y *rpb2*.

Conclusiones

En la región centro-norte del estado de Veracruz, cinco especies del género *Lasiodiplodia*, se encuentran asociadas con la enfermedad muerte descendente en las plantaciones de naranja dulce. Las especies identificadas fueron *L. iraniensis, L. mexicanensis, L. pseudotheobromae, L. subglobosa* y *L. theobromae*.

Referencias bibliográficas

FAOSTAT 2022. Production Crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Marín-Oluarte, L. 2023. Situación actual de la muerte descendente de limón persa y naranja dulce en Veracruz. (Tesis de Licenciatura) Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván.

Phillips, A.J.L., Alves, A., Abdollahzadeh, J., Slippers, B., Groenewald, J., and Crous, P. 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. Studies in Micology 76(1): 51-167.

Polanco-Florián L. G., Alvarado-Gómez G. A., Pérez-González O., González-Garza R. and Olivares-Sáenz E. 2019. Fungi associated with the regressive death of citrus fruits in Nuevo Leon and Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(4): 757-764.

Santillán-Mendoza, R., Estrella-Maldonado, H., Marín-Oluarte, L., Matilde-Hernández, C., Rodríguez-Alvarado, G., Fernández-Pavía, S. P., and Flores-de la Rosa, F. R. 2024. Phylogenetic and Pathogenic Evidence Reveals Novel Host–Pathogen Interactions between Species of *Lasiodiplodia* and *Citrus latifolia* Dieback Disease in Southern Mexico. Journal of Fungi 10(7): 484.

SELECCIÓN DE INDIVIDUOS SOBRESALIENTES DE (*Coffea arabica*) MEDIANTE UN ALGORITMO EN EXCEL

Edgar Couttolenc-Brenis[1]*, Marco Antonio Toral-Juárez[1] y Rosalio López Morgado[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Sitio Experimental Teocelo. km. 3.5 carretera Xalapa-Veracruz, Col. Animas. Xalapa, Veracruz C.P. 91190
*Autor para correspondencia: couttolenc.edgar@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Población, Ideotipo, Función lógica.*

Introducción

Un método de fitomejoramiento en especies perennes leñosas, como el café, es el desarrollo de un Ideotipo de planta. Esto consiste en definir cuáles son las características deseables que deberían tener las plantas tanto en términos de producción como de comportamiento ante los factores bióticos y abióticos que influyen en el cultivo (Dickmann *et al*., 1994). Por lo que, es necesario establecer ensayos para evaluar el comportamiento de una población de plantas y realizar la selección, masal o genealógica según el nivel al que se encuentre el proceso de mejoramiento, de aquellos individuos que cumplan con los parámetros del Ideotipo (Breseghello y Coelho, 2013). Dependiendo del número de parámetros empleados en el Ideotipo, el proceso de selección de los individuos destacados es laborioso ya que se debe ir descartando aquellos que no cumplan con todas las características deseadas, este proceso se puede facilitar con el uso de métodos computacionales (Olivoto y Nardino, 2021). Sin embargo, la implementación de estos métodos computacionales demanda el conocimiento de lenguajes de programación como R (Olivoto y Nardino, 2021) o el uso de paquetería especializada como MATLAB (Azimzadeh *et al*., 2010). Lo anterior representa una dificultad para aquellos que se dedican al mejoramiento genético del café. Con base en lo mencionado anteriormente, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar un algoritmo que pueda ser implementado en paquetería de ofimática como Excel, para facilitar la selección de plantas progenitoras con base a un Ideotipo.

Materiales y Métodos

Primero se definieron las variables del algoritmo con base a un ideotipo de planta: rendimiento promedio mínimo (X1), índice de bienalidad (X2), diámetro de copa mínimo (X3), máximo (X4) de la planta, altura mínima (X5) y máxima (X6) de la planta e índice de resistencia a roya (X7). Para automatizar el proceso de selección mediante el algoritmo, este se escribió en Excel©, usando la función lógica “Y”, la cual determina si todas las condiciones de una prueba son verdaderas y pueden evaluar hasta 255 ambientes diferentes. Para identificar las plantas que cumplen con los parámetros deseados, la función muestra el argumento verdadero en caso de que se cumpla con las condiciones dadas por la ecuación 1 (Figura 1).

$$\text{Individuo seleccionado} = Y(Rend > X1, I < X2, Diametro\ copa < X3, Diametro\ copa > X4, Altura < X5, Altura > X6, IRS < X7)$$

Figura 1. Función lógica Y de la ecuación 1.

Para probar el algoritmo y la función en Excel se utilizaron datos de un lote de 60 plantas F5 de la var Sarchimor T5296 considerando los datos del rendimiento promedio de tres ciclos de cosecha. Para representar la variación que existe entre una cosecha y la otra mediante la ecuación 2 (Figura 2) propuesta por Hoblyn *et al*. (1937), se implementaron las variables morfológicas: altura de planta y diámetro de copa; la variación bienal (índice de bienalidad (I). Finalmente, con lo anterior se estimó el Índice de Resistencia (IRs) a la roya anaranjada de la hoja (*Hemiliea vastatrix* con la Ecuación 3 (Figura 3).

$$I = \frac{1}{n-1} \sum (R_{T1} - R_{T0})/R_{T0} + (R_{T2} - R_{T1})/R_{T1} + \cdots (R_{Ti} - R_{Tn})/R_{Tn} \quad \text{.....(2)}$$

Donde: I= Índice de bienalidad; RT0= Rendimiento en el tiempo 0; RT1= Rendimiento en el tiempo 1; RT2= Rendimiento en el tiempo 2; RTi= Rendimiento en el iésimo tiempo; RTn=Rendimiento en el enésimo tiempo

Figura 2. Ecuación de diferenciación de cosechas.

$$IRs = (PS \cdot NHI) \,/\, (PT \cdot NHT) \quad \text{.....(3)}$$

Donde: IRs= Índice de Resistencia; PS= Pústulas con esporulación; PT= Pústulas totales; NHI= Número de hojas infectadas; NHT= Número de hojas totales.

Figura 3. Ecuación para la determinación de la resistencia a la roya anaranjada.

Para evaluar si existían diferencias significativas en las variables observadas y estimadas se realizó una prueba T con el uso del programa estadístico Infostat©. Además, con el mismo software se estimaron los estadísticos descriptivos (media, desviación estándar y coeficiente de variación).

La evaluación se realizó en el jardín de variedades resistentes a la roya, el cual forma parte del banco de germoplasma de café que se ubica en el Sitio Experimental Teocelo. Este sitio se encuentra ubicado en el municipio de Teocelo en el estado de Veracruz, con latitud norte de 19°23'34.1" y longitud oeste 97°00'03.5", a 1,250 m.s.n.m. La precipitación pluvial anual es de 2,063 mm, la temperatura promedio de 20ºC, con una máxima media de 25ºC y mínima media de 14ºC; los suelos son derivados de cenizas volcánicas de tipo andosol.

Resultados y discusión

Al realizar la selección de las plantas mediante el algoritmo con la función “Y” de Excel, se observó que la variable rendimiento discrimina un mayor número de individuos, seleccionando 22 de los 60 que conformaron la población considerando el valor de corte de al menos 4000 g por planta. Conforme a los valores de corte le siguen el de diámetro de copa (1.80 y 2.25 m), el cual elimina siete plantas de las 18 que quedaban; el índice de bienalidad, con un valor de corte: I < 0.40, discrimina cuatro de los 15 restantes; la altura, con valores de corte entre 200 y 2.80 m, excluye tres plantas de los 11 restantes y el IRs, con valor de corte mayor a 0.1, no discrimina individuos (Figura 4).

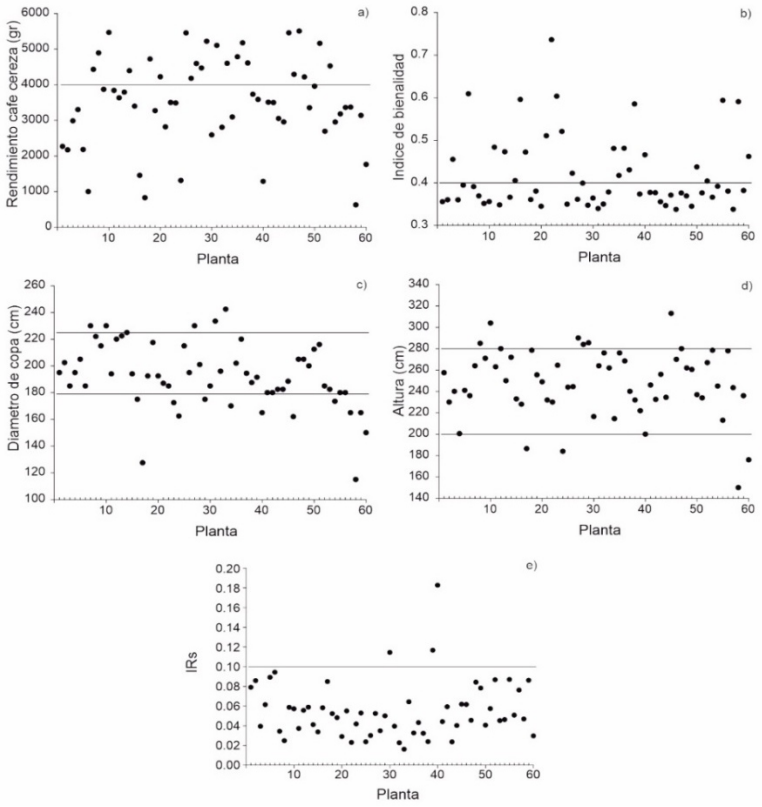


Figura 4. Distribución de las plantas por variables evaluada del ideotipo. a) Rendimiento promedio, b) Índice de bienalidad, c) Diámetro de copa, d) Altura de planta y e) Índice de resistencia a roya. En todos los paneles se observa las líneas de corte para la selección de plantas.

Al final del análisis, de las 60 plantas de la población solo ocho fueron seleccionadas por el algoritmo al cumplir con los parámetros del ideotipo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de las plantas seleccionadas mediante el algoritmo.

Planta	Rendimiento (g)	I	Diámetro copa (m)	Altura (m)	IRs
14	4388.93	0.37	2.25	2.72	0.04
18	4719.00	0.36	1.925	2.785	0.05
20	4219.87	0.34	1.925	2.49	0.03
25	5452.60	0.35	2.15	2.44	0.02
47	5502.40	0.38	2.05	2.80	0.05
48	4215.47	0.37	2.05	2.62	0.08
51	5159.13	0.38	2.16	2.34	0.06
53	4524.80	0.37	1.825	2.785	0.05

La prueba de medias (prueba t), comparando las ocho plantas seleccionadas por el algoritmo mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en cada uno de los atributos de selección utilizados (Cuadro 2), siendo la planta 20 la que presentó un menor nivel de bienalidad (I); forma compacta (combinación entre el diámetro de copa y la altura) y un menor Índice de Susceptibilidad (IRs). En lo referente al rendimiento, la planta 25 promedió 5452.6 g en tres ciclos de cosecha.

Cuadro 2. Comparación de medias (Prueba T) de los parámetros de selección entre las ocho plantas seleccionadas mediante el algoritmo.

Variable	n	Media	DE	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
Rendimiento	8	4772.78	530.74	4329.06	5216.49	25.44	< 0.0001
I	8	0.37	0.01	0.35	0.38	73.00	< 0.0001
Diámetro de copa	8	204.19	14.32	192.22	216.16	40.34	< 0.0001
Altura	8	262.25	17.91	247.28	277.22	41.42	< 0.0001
IRs	8	0.05	0.02	0.03	0.06	7.33	0.0002

Conclusiones

El algoritmo para la selección implementado mediante uso de la función lógica de Excel “Y”, permitió seleccionar a los individuos que cumplían todos los parámetros. Dada la capacidad de evaluar 255 parámetros (condiciones), el algoritmo se puede ajustar si se incrementan las variables que se utilizan para la construcción del Ideotipo de planta que se desea evaluar.

Referencias Bibliográficas

Azimzadeh, M., Amiri, R., Davoodi-Bojd, E., Soltanian-Zadeh, H., Vahedi, S., & Hoori, M. 2010. Computer aided selection in breeding programs using genetic algorithm in MATLAB program. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(3).

Breseghello, F., & Coelho, A. S. G. 2013. Traditional and Modern Plant Breeding Methods with Examples in Rice (Oryza sativa L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(35).

Dickmann, D. I., Gold, M. A., & Flore, J. A. 1994. The Ideotype Concept and the Genetic Improvement of Tree Crops. En Plant Breeding Reviews (pp. 163–193). John Wiley & Sons, Ltd.

Hoblyn, T. N., Grubb, N. H., Painter, A. C., & Wates, B. L. 1937. Studies in Biennial Bearing.I. Journal of Pomology and Horticultural Science, 14(1): 39-76.

Olivoto, T., & Nardino, M. 2021. MGIDI: Toward an effective multivariate selection in biological experiments. Bioinformatics, 37(10):1383-1389.

CARACTERIZACIÓN DEL EFECTOROMA Y DE LA FAMILIA DE GENES *SIX* DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*

Ricardo Santillán-Mendoza[1]*, Felipe R. Flores-de la Rosa[1], Juan Hernández-Hernández[1], Cristian Matilde-Hernández[1], Humberto J. Estrella-Maldonado[1] y María del Carmen Pablo-Mendoza[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, km 4.5 Carr. Martínez de la Torre – Tlapacoyan, C.P. 93600, Tlapacoyan, Ver., México.
*Autor para correspondencia: santillan.ricardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Vanilla planifolia, Genómica comparativa, Fitopatógeno.*

Introducción

La vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) es una de las especias más valiosas a nivel mundial, ampliamente utilizada en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica. No obstante, su cultivo se ve gravemente afectado por la pudrición de raíces y tallos, una enfermedad causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* (FOV), que puede provocar pérdidas significativas de plantas y reducir drásticamente el rendimiento (Koyyappurath *et al.,* 2015). Aunque se han descrito diversos factores asociados a la patogenicidad en el complejo *F. oxysporum*, como la producción de toxinas, enzimas hidrolíticas y la capacidad de colonizar la xilema, un elemento clave son los efectores de patogenicidad, proteínas secretadas que interfieren con los mecanismos de defensa de la planta. Dentro de estos, destaca la familia de genes *SIX* (Secreted In Xylem), identificada principalmente en cepas patógenas de tomate y otros hospedantes, y que se localiza en cromosomas accesorios asociados con la virulencia (Ma *et al.,* 2010); sin embargo, en *F. oxysporum* f. sp. *vanillae*, los mecanismos moleculares que regulan la virulencia y la especificidad hospedero-patógeno siguen siendo poco comprendidos. El objetivo del presente estudio fue investigar la presencia de genes *SIX* en el genoma de tres cepas de *F. oxysporum* asociadas a pudrición radical: dos patógenas y una endófita no patógena, así como, caracterizar y comparar el efectoroma completo de estas cepas con el fin de identificar efectores exclusivos de las cepas patógenas.

Materiales y Métodos

Base de datos genómica y proteómica. Las bases de datos genómicas y proteómicas de las cepas *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* IXF41 (altamente virulenta) e IXF50 (moderadamente virulenta), así como de la cepa endófita *F. oxysporum* IXF53, se obtuvieron del GenBank del NCBI bajo el Bioproyecto PRJNA855480. La patogenicidad de estas cepas y sus secuencias genómicas fueron previamente reportadas por nuestro grupo de investigación (Santillán-Mendoza *et al.,* 2023).

Sintenía y búsqueda de genes *SIX* en *F. oxysporum* asociado a pudrición radical de vainilla. Se evaluó la linearidad y sintenía genómica de las tres cepas analizadas contra *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* 4287 (Bioproyecto PRJNA640265), utilizando el software Mauve 2.1.0a1 con parámetros predeterminados. Además, se recuperaron las secuencias de los genes *SIX1–SIX14* de la cepa de referencia y se realizó un análisis BLASTn sobre los genomas estudiados. Los genes SIX detectados fueron alineados y sometidos a análisis filogenético mediante el software MEGA X.

Identificación y comparación de efectores canónicos de patogenicidad. Se identificaron efectores canónicos en los proteomas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* IXF41 e IXF43, así como en la cepa endófita IXF50. La clasificación como efectores de patogenicidad se basó en criterios previamente establecidos (Carreón-Anguiano *et al.,* 2020): (1) longitud proteica entre 10 y 400 aminoácidos, (2) al menos cuatro residuos de cisteína, (3) presencia de un péptido señal y (4) ausencia de dominios transmembrana. Las proteínas filtradas fueron analizadas con EffectorP v3.0 para predecir su posible función como efectores citosólicos o simplásticos. Las secuencias identificadas se compararon entre las tres cepas para distinguir los efectores compartidos (efectoroma central) con lo cual se elaboró un diagrama de Venn para identificar efectores específicos vinculados con la virulencia.

Alineamiento, análisis filogenético y predicción estructural de efectores de patogenicidad. Las secuencias exclusivas de las cepas *F. oxysporum* f. sp. *vanillae* fueron alineadas mediante el algoritmo MUSCLE, y se construyó un árbol filogenético por máxima parsimonia con 1000 réplicas bootstrap, utilizando el software MEGA X. La predicción tridimensional de las proteínas se realizó con el software AlphaFold3 basado en inteligencia artificial (https://alphafoldserver.com).

Identificación de elementos cis-regulatorios en regiones promotoras. Se localizaron los loci codificantes de los efectores asociados a patogenicidad y se extrajeron 2000 pb río arriba del codón de inicio desde los genomas de las cepas IXF41 e IXF43. Las secuencias promotoras obtenidas fueron analizadas para identificar elementos cis-regulatorios utilizando la base de datos PlantCARE (https://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/plantcare/html).

Resultados y discusión

Identificación de genes *SIX* y análisis de sintenía. El análisis BLASTn para los 14 genes *SIX* descritos en *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* 4287 reveló únicamente la presencia del gen *SIX9* (758 pb) en los tres genomas analizados. La secuencia de *SIX9* se encontró completamente conservada entre las cepas patogénicas y la cepa endófita. El análisis filogenético, basado en las secuencias codificantes de *SIX9* recuperadas de las tres cepas y de otras *formae speciales*, generó una topología en donde las cepas IXF41, IXF50 e IXF53 formaron un clado independiente, bien soportado y separado del resto de las *formae speciales*. Estos resultados indican que el gen SIX9 no está asociado con la patogenicidad de Fov.

Identificación del efectoroma central en *Fusarium oxysporum* asociado a raíces de vainilla. El análisis *in silico* de los proteomas de las cepas IXF41, IXF50 e IXF53 reveló entre 346 y 350 proteínas con características de efector canónico. De estas, 339 fueron compartidas entre las tres cepas, conformando el efectoroma central de *F. oxysporum* asociado a raíces de vainilla (Figura 1). No se detectaron efectores exclusivos en la cepa endófita IXF53, y los efectores compartidos parcialmente entre cepas no se consideran asociados a patogenicidad.

El análisis de anotaciones funcionales de las 339 proteínas mostró una prevalencia de términos relacionados con la degradación de la pared celular, como “cutinasa” e “hidrolasa”, así como con carbohidratos (“pectato”, “glicosil”). No obstante, también se observaron términos como “probable”, lo que indica que muchas funciones aún no están definidas. Estos resultados sugieren que el efectoroma central está relacionado con la colonización de raíces, pero no con la virulencia específica en *Vanilla planifolia*.

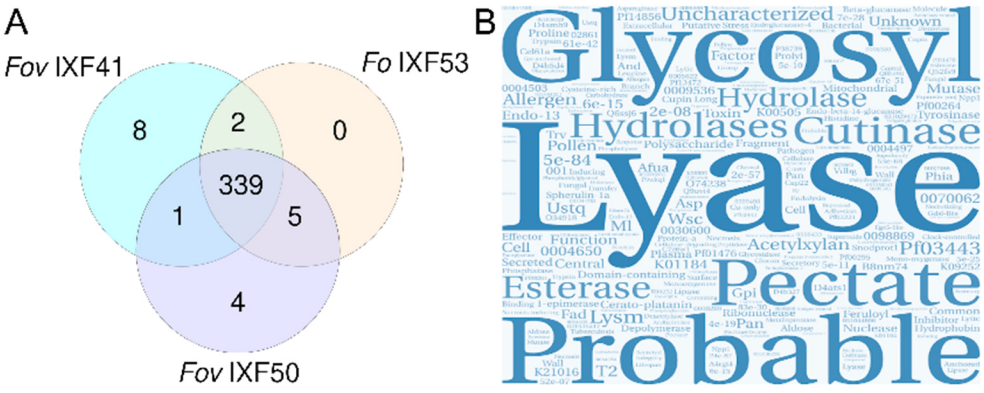


Figura 1. Identificación del efectoroma central en cepas de *F. oxysporum* asociadas a pudrición radical de vainilla. (A) Diagrama Venn de las proteínas con características de efectores de patogenicidad. (B) Nube de palabras con las categorías presentes en las anotaciones funcionales del efectoroma central.

Predicción estructural de efectores putativos. El análisis comparativo de efectores entre los tres genomas reveló que la cepa altamente virulenta Fov IXF41 posee ocho efectores específicos, mientras que la cepa Fov IXF50 (moderadamente virulenta) contiene cuatro. Ambas comparten un efector ausente en la cepa endófita. Posteriormente, se realizó el análisis funcional mediante la plataforma de inteligencia artificial AlphaFold3, el cual predijo que, de las 13 secuencias evaluadas, 9 actúan como efectores citoplasmáticos y 4 como apoplásticos. Además, se analizó la región promotora de los efectores candidatos, revelando elementos cis-regulatorios sensibles a hormonas vegetales, lo que sugiere su posible participación en la modulación del sistema inmunológico de *V. planifolia* (Lescot *et al*., 2002).

La Figura 2 muestra las estructuras de ocho proteínas exclusivas de la cepa altamente virulenta *F. oxysporum* f. sp. *vanillae* IXF41. Las predicciones exhiben regiones con alta confianza (color azul), generalmente en zonas bien plegadas, mientras que las regiones con baja confianza (amarillo-naranja) corresponden a zonas poco estructuradas, lo que las convierte en candidatos para evaluaciones funcionales futuras.

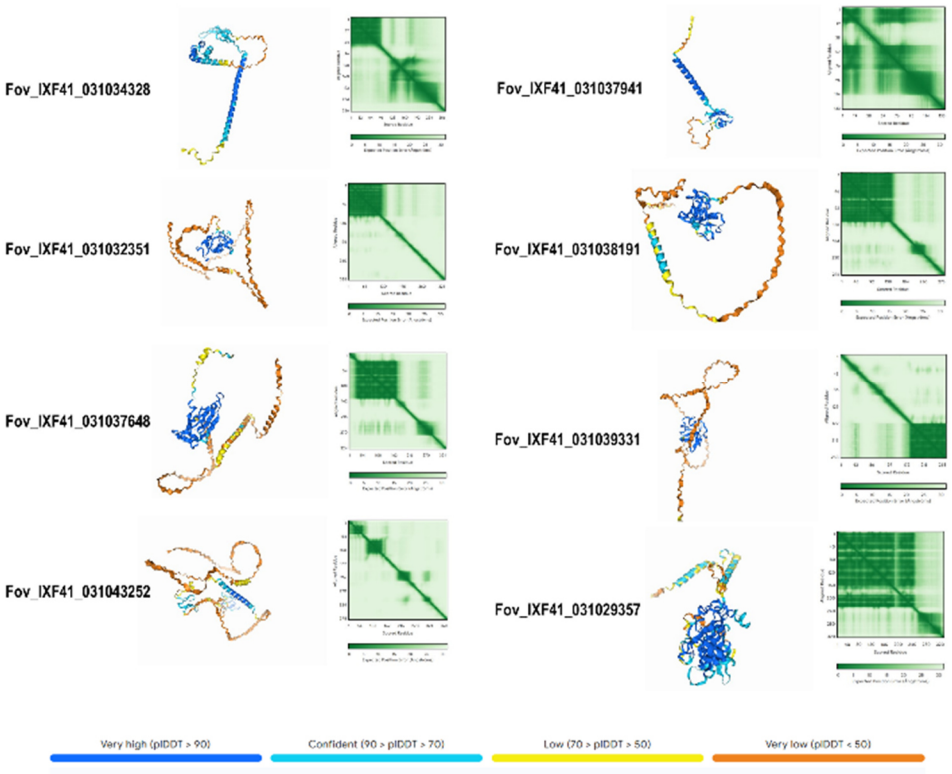


Figura 2. Estructura 3D predicha de las ocho proteínas efectoras asociadas a la patogenicidad, exclusivas de la cepa altamente virulenta Fov IXF41.El nivel de confianza en la predicción estructural se representa mediante una escala codificada por colores.

Conclusiones

El efectoroma central de *F. oxysporum* asociado a raíces de vainilla está compuesto principalmente por proteínas relacionadas con la degradación de la pared celular, favoreciendo la colonización sin implicar necesariamente patogenicidad. Los efectores exclusivos de cepas virulentas representan candidatos clave para estudios funcionales futuros orientados al entendimiento de los mecanismos moleculares de virulencia en *Vanilla planifolia*.

Referencias bibliográficas

Carreón-Anguiano K. G., I. Islas-Flores, J. Vega-Arreguín, L. Sáenz-Carbonell and B. Canto-Canché. 2020. EffHunter: A Tool for Prediction of Effector Protein Candidates in Fungal Proteomic Databases. Biomolecules 10(5):712.

Koyyappurath S., T. Atuahiva, R. Le Guen, H. Batina, S. Le Squin, N. Gautheron, *et al*. 2015. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-vanillae* is the causal agent of root and stem rot of vanilla. Plant Pathology 65:612–625.

Lescot M., P. Déhais, G. Thijs, K. Marchal, Y. Moreau, Y. V. de Peer, *et al*. 2002. PlantCARE, a database of plant cis-acting regulatory elements and a portal to tools for *in silico* analysis of promoter sequences. Nucleic Acids Research 30:325–327.

Ma L. J., H. C. Van der Does, K. A. Borkovich, J. J. Coleman, M. J. Daboussi, A. Di Pietro, *et al*. 2010. Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. Nature 464:367–373.

Santillán-Mendoza R., H. Estrella-Maldonado, C. Matilde-Hernández, M. Luna-Rodríguez, C. G. Rodríguez-Quibrera, C. González-Cruz, *et al*. 2023. Genome sequence resource of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* IXF41 and IXF50 alongside the endophyte *F. oxysporum* IXF53, isolated from vanilla root rot. Plant Disease 107:899–902.

INFLUENCIA DE LANTANO SOBRE PARÁMETROS MORFOFISIOLÓGICOS Y RENDIMIENTO EN *Cucumis sativus* L.

Xavier Soto-Oliva[1], Guadalupe Contreras-Martínez[2], Juan Carlos Noa-Carranza[2] y Liliana Lara-Capistrán[1*]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
[2]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Avenida de Las Culturas Veracruzanas 101, Xalapa CP 91090, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: lilara@uv.mx

Palabras clave: *Tierras raras, Pepino, Semi-hidroponía, Concentraciones.*

Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) pertenece taxonómicamente a la familia Cucurbitaceae; su género comprende alrededor de 33 especies, con un centro de diversidad nativo en África tropical y meridional, destacándose principalmente al pepino por su importancia agrícola y alimentaria. Según datos del SIAP (2024), en México se tiene reportado una superficie de 16,127.54 ha, siendo los estados con mayor superficie cultivada Sinaloa (2,855.04 ha), Michoacán (2,847.50 ha) y Morelos (1,720.50 ha). El aumento de población, la escasez de alimentos, los problemas agroclimáticos y factores de estrés biótico y abiótico, ha generado el uso de nuevas estrategias para aumentar la producción de alimentos, tal como el uso de elementos bioestimulantes, siendo el Lantano (La) una alternativa, este forma parte del grupo de los elementos de tierras raras (ETR), los cuales son metales empleados en aplicaciones industriales, incluida la agricultura; se ha reconocido más como un potencial en mejorar el crecimiento de diversos cultivos (Cao *et al*., 2022). El La, es un elemento de tierra rara que ha reportado como bioestimulante en la agricultura, con evidencia de que mejora el crecimiento de las raíces, incrementa la biomasa total y estimula la producción de metabolitos secundarios en las plantas (Salehi-Arjmand *et al*., 2024). Estos efectos se asocian a una mejor absorción de minerales y mayor tasa fotosintética, contribuyendo así al vigor y productividad vegetal. Además, se ha demostrado que el $LaCl_3$ acelera el desarrollo de plántulas, consolidándose como un eficaz promotor del crecimiento (Salehi-Arjmand *et al*., 2024). Por lo anterior, se planteó como objetivo evaluar el efecto de cloruro de Lantano ($LaCl_3$) en diferentes concentraciones sobre parámetros morfofisiológicos en plantas de pepino variedad Bristol en condiciones de semi-hidroponía.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en un invernadero tipo macrotúnel en el rancho “El Atoron”, en el municipio de Coatepec, Veracruz (19°29´35.653’’ N, 96°37’37’’.478 O). Se utilizó, un diseño experimental completamente al azar para evaluar el efecto bioestimulante químico en uno de los elementos de tierras raras (ETR), siendo el compuesto de cloruro de lantano ($LaCl_3$) en tres concentraciones (50 µM, 75 µM y 100 µM) más un tratamiento control, con seis repeticiones para cada uno, sumando un total de 24 unidades experimentales, durante los meses de marzo-julio del 2025.

Como material vegetal, se utilizó pepino de la variedad Bristol (Seminis), con características de precocidad, uniformidad en tamaño y una coloración de verde oscuro. Las semillas se sembraron en charolas de unicel de 200 cavidades, utilizando como sustrato Peat Moss, previamente puesto a capacidad de campo. La germinación ocurrió a los 4 días después de la siembra (DDS) y las plántulas fueran trasplantas a los 13 DDS en bolsas negras con medidas de 45 x 25 cm, previamente desinfectadas con hipoclorito al 1% y llenadas con tezontle (desinfectado con hipoclorito al 1%) con una granulometría de ~ 15 mm. Se estableció un sistema de riego por goteo conectado a un tinaco de 1000 L, con cintilla de calibre 6000 y una separación de orificios emisores de 30 cm. Durante todo el ciclo se aplicó diariamente solución nutritiva modificada a partir de la fórmula de Steiner, ajustada según las necesidades del cultivo en dos etapas vegetativa y fructificación. Se preparó una solución madre de $LaCl_3$ a una concentración de 20000 µM y se diluyó en una bomba de fumigación de la marca trupper a un volumen de 2 L, aplicándose en dosis específicas para cada tratamiento (5 mL: 50 µM, 7.5 mL: 75 µM y 10 mL: 100 µM). Las aplicaciones comenzaron a los 7 días después del trasplante (DDT) y se repitieron cada 15 días, al inicio con aplicación a chorrillo, y posteriormente de manera foliar.

Durante el ciclo se implementó un manejo agronómico como el tutorado en forma de T, sistema de riego por goteo, podas de formación, podas de floración y fitosanitarias, esta última de mayor importancia al presentar la

enfermedad conocida como mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*). Durante el ciclo se evaluaron parámetros morfofisiológicos en altura, diámetro del tallo, número de hojas y rendimiento teniendo como primera fecha a los 7 DDT hasta los 77 DDT. Con los datos obtenidos, se realizaron pruebas de contraste de normalidad y se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) usando el software STATISTICA versión 12.

Resultados y discusión

En la variable diámetro del tallo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, la concentración de 100 µM presentó los valores más altos en comparación con el control para ambas fechas de evaluación (62 y 77 DDT) (Cuadro 1). Por otro lado, en la variable altura de planta, se encontró un efecto significativo en las concentraciones de lantano respecto al tratamiento control, destacando nuevamente la concentración de 100 µM, que destacó en los valores más altos en medias de 156.50 cm a los 62 DDT y 197.66 cm a los 77 DDT. Finalmente, en cuanto a la variable número de hojas, la concentración 100 µM $LaCl_3$ también sobresalió en ambas fechas, con medias de 13.33 (62 DDT) y 16.16 (77 DDT), mientras que el tratamiento control presentó los valores más bajos.

Cuadro 1.- Variables morfofisiológicas en el cultivo de pepino.

Tratamientos	Diámetro (mm)		Altura (cm)		Número de hojas	
	62 DDT	77DDT	62 DDT	77DDT	62 DDT	77DDT
Control (-)	7.18±o.60 a	7.66±0.58 a	116.08±31.56 b	138.66± 15.26 b	8.00±1.09 c	7.16±1.47 b
50 µM $LaCl_3$	7.43±1.06 a	8.06±0.69 a	136.58±18.56 ab	181.00±24.77 a	10.50±1.04 b	10.66±3.38 b
75 µM $LaCl_3$	7.93±1.51 a	8.48±1.29 a	137.83± 16.61 ab	195.16±29.48 a	11.50±1.37 ab	11.33±3.26 b
100 µM $LaCl_3$	8.11±0.40 a	8.81±0.49 a	156.50±20.87 a	197.66±24.13 a	13.33±1.63 a	16.16±2.78 a

Medias ± DE con letras distintas en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.5$) n=24.

Los resultados han demostrado que la aplicación de $LaCl_3$ tuvo un efecto positivo sobre la biomasa en las variables diámetro del tallo, altura y número de hojas, destacando que la concentración de $LaCl_3$100 µM, tuvo una respuesta en los parámetros morfofisiológicos del pepino. Diferentes fuentes han comprobado que el uso de ETR, como el lantano, puede actuar como bioestimulante en concentraciones adecuadas, del mismo modo trabajos como el de Song *et al*. (2021) han demostrado que la aplicación de elementos de tierras raras como el lantano puede incrementar la producción de biomasa, a lo que se traduce como mejoras en el rendimiento.

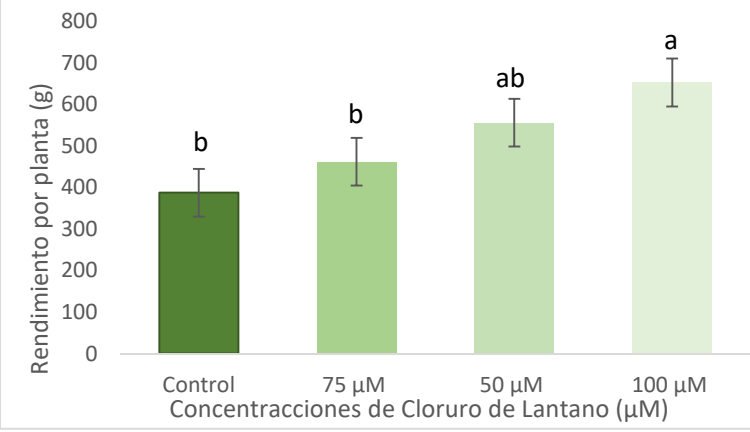


Figura 1. Rendimiento de cultivo de pepino. Misma letra indica que son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, P≤0.05).

Para el caso del rendimiento y con base a la Figura 1 se observa que la aplicación de diferentes concentraciones de $LaCl_3$ tuvo un efecto significativo en el rendimiento del pepino. El tratamiento con que se aplicó $LaCl_3$ 100 µM demostró tener el mayor rendimiento, con un promedio de 652.83 g por planta, siendo estadísticamente diferentes al control que obtuvo 387.66 g por planta, seguido de 75 µM $LaCl_3$ con 462.33 g, y para la aplicación de 50 µM $LaCl_3$ con 555.83 g de rendimiento.

Además, en este trabajo se demostró que la aplicación de $LaCl_3$ a una concentración de 100 µM tuvo resultados favorables, en contraste con el control que arrojó las medias más bajas en la mayoría de las variables. Sin embargo, es importante mencionar que una concentración inadecuada de La puede provocar efectos negativos a la planta, de acuerdo con Liu *et al*. (2017) demostraron que concentraciones elevadas de La inhiben el crecimiento de la raíz principal, demostrando que en dosis adecuadas puede tener un efecto bioestimulante, pero una concentración inadecuada puede generar efectos que repercuten directamente a la morfofisiología vegetal.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo sugieren que el uso de $LaCl_3$ como bioestumulante en el cultivo de pepino tienden a tener beneficios, especialemente en dosis como 100 µM. Destacando el incremento en variables de crecimiento y desarrollo aumentando así su productividad. Además, a partir de la experimentación en dosis controladas nos permite realizar más estudios adicionales para poder definir con mejor precisión el rango de dosis óptimas, al emplear ETR dentro del sector agrícola, permitiendo múltiples beneficios hacia cultivos de importancia hortícola.

Referencias

Cao, Y. W., X. M. Liu., C. Wang, E. Bai y N. Wu. 2022. Rare earth element geochemistry in soils along arid and semiarid grasslands in northern China. Ecological Processes 11(29):1-14. https://doi.org/10.1186/s13717-022-00375-z

Salehi-Arjmand, H., A. Khadivi y V. Bagheri. 2024. The effect of foliar spraying of some micronutrients and lanthanum on the morphological and physiological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under hydroponic and soil conditions. BMC Plant Biology 24(1):976. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05696-z

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Cierre de la producción agrícola (Anuario Estadístico de la Producción Agrícola). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Song, K., J. Gao, S. Li, Y. Sun, H. Sun, B. An, T. Hu y X. Él. 2021. Estudio experimental y teórico de los efectos de los elementos de tierras raras en el crecimiento y la clorofila de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) Sembrando. Fronteras en ciencia vegetal 12: 731838. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.731838

Liu, Y., L. Sun, P. Zhang, J. Wan, R. Wang y J. Xu. 2017. Lanthanum inhibits primary root growth by repressing auxin carrier abundances in Arabidopsis. Frontiers in Plant Science 8: 1661. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01661

EFECTO DE MICORRIZAS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE *Coffea arabica* L. VAR. IAPAR-59 BAJO CONDICIONES DE VIVERO

Luisa Raquenell Montero-Rosas[1], Marco Antonio Toral-Juárez[2*], Yahir Alberto Reyes-Antonio[1], Edgar Couttolenc-Brenis[2], Rosalío López-Morgado[2] y Enrique Hernández-Reich[2]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Biología, Zona Universitaria, C.P. 91090, Xalapa, Ver., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carr. Federal Veracruz – Córdoba, C.P.94270, municipio Medellín de Bravo, Ver., México.
*Autor para correspondencia: toral.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Biomasa seca, Área foliar, Índice de calidad*.

Introducción

Las altas temperaturas y el déficit de lluvias generan condiciones de estrés en la planta de café, especialmente en las plantas jóvenes, que son más vulnerables a la sequía al momento del trasplante al campo, debido a que todavía no han desarrollado un sistema radicular adecuado (Bongase, 2017).

Además de los efectos derivados del cambio climático, la cafeticultura mexicana enfrenta de manera persistente la incidencia de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*). Para reducir el impacto de esta enfermedad en las regiones cafetaleras de México, se ha promovido la siembra de variedades con resistencia genética derivadas del Híbrido de Timor entre lo que destacan los Catimores (Oro Azteca y Costa Rica 95) y los Sarchimores (Sarchimor T-5296 y Marsellesa) (López *et al*., 2013).

La alta presión de los materiales genéticos del café para generar nuevas variedades resistentes a la roya está ocasionando la pérdida de genes asociados a las micorrizas arbusculares. Este efecto se ha observado en plantas de café Catimor con bajo porcentaje de colonización de micorrizas (Hernández-Acosta *et al*., 2018).

Entre los beneficios que proporcionan las micorrizas arbusculares a las plantas, destaca la capacidad de absorción de agua, por tanto, confiere resistencia al déficit hídrico. Además, también ha sido relacionado con mayor absorción de agua a través de la extensa red de hifas externas del hongo, extendidas más allá de la zona a la cual tiene acceso directo el sistema radical (Molina *et al*., 2005).

La variedad IAPAR-59, desarrollada en el Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR) de Brasil, es producto del cruce entre Timor Hybrid 832/2 y Villa Sarchí, y se caracteriza por poseer genes de resistencia a la roya. Sin embargo, se desconoce su compatibilidad con micorrizas arbusculares. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la inoculación de micorrizas arbusculares en el crecimiento de plantas de café variedad IAPAR-59 en condiciones de vivero.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló durante 12 meses, de septiembre de 2022 a septiembre de 2023, en el vivero de café del Sitio Experimental Teocelo del INIFAP, Veracruz, localizado a 19º23’10” N y 97º00’06” O, con temperatura promedio de 20°C, precipitación anual de 2,063 mm y altitud de 1,250 msnm. A los 90 días posteriores a la germinación, las plántulas se trasplantaron a bolsas de polietileno negro (15 × 25 cm), utilizando como sustrato una mezcla de tierra negra, arena y estiércol seco de ovino en proporción 2:1:1 (v/v/v).

En el momento del trasplante, 50 plantas fueron inoculadas directamente en la raíz con 1 g del producto comercial Agropunto®, que contiene un consorcio de micorrizas arbusculares: *Acaulospora morrowiae*, *A. spinosa, A. scrobiculata, Funneliformis mosseae, F. geosporus, Cigaspora rosea, Gigaspora decipiens, Glomus macrocarpum, G. aggregatum, Rhizophagus intraradices, Scutellospora pellucida* y *Claroideoglomus etunicatum*.

El tratamiento control consistió en plantas sin inoculación. Durante los 12 meses de crecimiento en vivero, las plántulas se mantuvieron bajo sombreado del 50% y humedad a capacidad de campo. Se aplicó una única dosis de DAP de 2 g por planta.

Una semana después del trasplante, se seleccionaron aleatoriamente 12 plantas por tratamiento para efectuar mediciones mensuales de altura de planta (cm) y diámetro del tallo (mm) durante los 12 meses de crecimiento.

Al finalizar este periodo, se evaluó el área foliar (cm²) de cada planta mediante la sumatoria de las áreas foliares unitarias de todas las hojas individuales. Para su estimación se utilizó el modelo matemático: AF = 0.6626 × (L × A)^1.0116, basado en medidas no destructivas de largo (L) y ancho (A) de las hojas. Posteriormente, las plantas de ambos tratamientos se separaron por órganos (hojas, tallo y raíces) y se determinó la biomasa seca hasta

peso constante en un horno de flujo de aire caliente a 80°C. El índice de calidad de Dickson (ICD) se calculó mediante la ecuación: ICD = BST / [(A/D) + (P.A./P.R.)], donde BST representa la biomasa seca total; A, la altura de la planta; D, el diámetro del tallo; P.A., la biomasa seca de la parte aérea; y P.R., la biomasa seca de la raíz. Las plantas tratadas con micorrizas y sin micorrizas (control) se distribuyeron en el vivero mediante un diseño completamente al azar. Los datos se expresaron como media ± error estándar y las diferencias entre medias se evaluaron con la prueba t de Student, utilizando Statistica 7.1 (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Las gráficas se elaboraron con SigmaPlot 11.

Resultados y discusión

Durante 12 meses de crecimiento en vivero, las plantas de café variedad IAPAR-59 mostraron diferencias significativas en altura entre tratamientos durante los primeros siete meses (Figura 1A). En cuanto al diámetro del tallo, se registraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando que las plantas tratadas con micorrizas presentaron los mayores valores durante los últimos cuatro meses de crecimiento (Figura 1B).

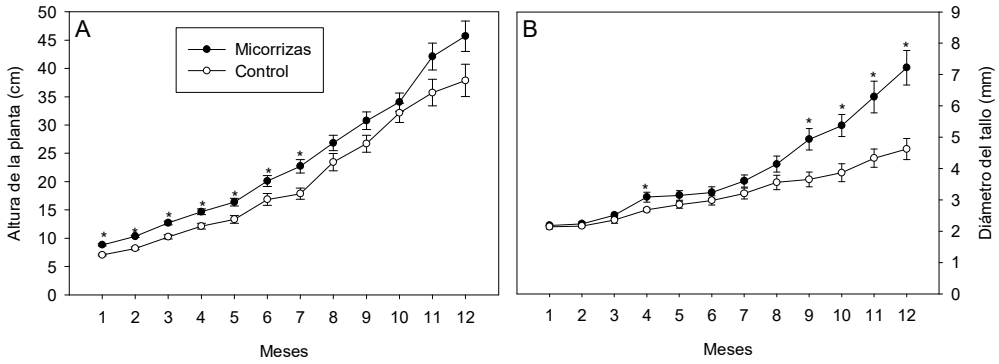


Figura 1. Crecimiento en altura (A) y diámetro de tallo (B) en plantas de café variedad IAPAR-59 tratadas con micorrizas y sin micorrizas (control), durante 12 meses de crecimiento en condiciones de vivero *Indican diferencias significativas (prueba *t*, P≤0.05) entre tratamientos. Cada valor representa la media ± error estándar, *n* = 12

Después de un año de crecimiento, el área foliar de las plantas no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 2A), al igual que la biomasa seca de la raíz (Figura 2B). Sin embargo, se detectaron diferencias significativas en la biomasa seca de la parte aérea (Figura 2C) y en el índice de calidad de Dickson (Figura 2D), siendo el tratamiento con micorrizas el que alcanzó los valores más altos en ambas variables.

Aunque el tratamiento con micorrizas no aumentó significativamente la biomasa seca de la raíz, si promovió un mayor crecimiento en altura y diámetro, así como una mayor biomasa aérea. Estos resultados reflejan el efecto positivo de las micorrizas arbusculares y coinciden con lo reportado por Hernández-Acosta *et al*. (2020), quienes observaron que las plantas de café con mayor crecimiento y biomasa aérea presentan un mejor desempeño en la simbiosis planta-hongo. El mayor desarrollo y acumulación de biomasa seca se atribuye a una más eficiente movilización de agua y nutrientes hacia la parte aérea.

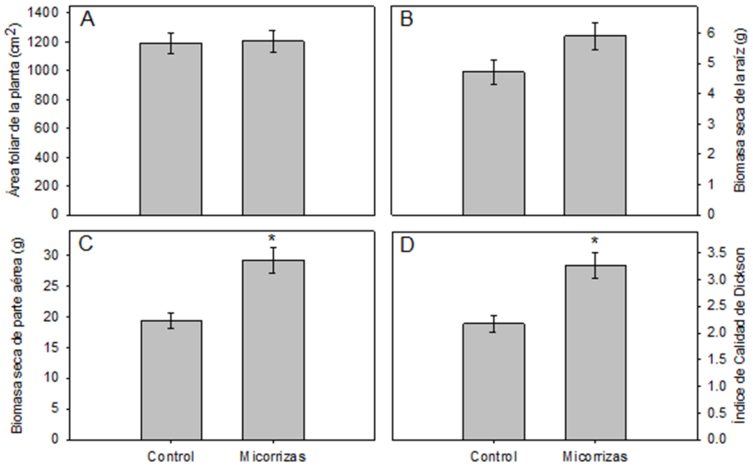


Figura 2. Crecimiento en área foliar de la planta (A), biomasa seca de la raíz (B), biomasa seca de parte aérea (C) e Índice de calidad de Dickson (D) en plantas de café variedad IAPAR-59 tratadas con micorrizas y sin micorrizas (control), a los 12 meses de crecimiento en condiciones de vivero. *Indica diferencia significativa (prueba *t*, P≤0.05) entre tratamientos. Cada valor representa la media±error estándar, *n* = 6.

Conclusiones

Se concluye que el uso de micorrizas arbusculares influye positivamente en el crecimiento de las plantas, al incrementar la altura, el diámetro del tallo, la biomasa seca de la parte aérea y el índice de calidad de Dickson. En contraste, no se observaron diferencias significativas en el área foliar ni en la biomasa seca de la raíz. Estos resultados sugieren que el uso de micorrizas podría conferir a las plantas de café IAPAR-59 una mayor resistencia al trasplante y a condiciones climáticas adversas, como altas temperaturas y eficiencia hídrica en el suelo.

Referencias bibliográficas

Bongase, E. D. 2017. Impacts of climate change on global coffee production industry: Review. *African Journal of Agricultural Research*, 12(19): 1607-1611. https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12147

Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Ferrera-Cerrato, F., Rivera-Fernández, A. yGonzález-Chávez, M. C. 2018. Hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) variedades Garnica, Catimor, Caturra y Catuaí. *Agroproductividad*, 11(4): 61-67.

Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Rivera-Fernández, A. y Ferrera-Cerrato, R. 2020. La micorriza arbuscular como biofertilizante en cultivo de café. *Terra Latinoamericana*, 38(3): 613-628. https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.659

López, M. R., Barrera, N. J., Pérez, Q., Pinson, R. E. P. yBecerra, L. E. N. 2013. Plagas y enfermedades del café. p. 237-289. *In* López *et al*. (comps). El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz, México.

Molina, L. M., Mahecha, L. L. y Medina, S. M. 2005. Importancia del manejo de hongos micorrizógenos en el establecimiento de árboles en sistemas silvopastoriles. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18: 162-175.

ANÁLISIS DE SUELOS MEDIANTE EL ESPECTROFOTÓMETRO DE INFRARROJO CERCANO Y LA QUIMIOMETRÍA

Armando Guerrero-Peña[1]*

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México.
*Autor para correspondencia: garmando@colpos.mx

Palabras clave: *Respiración del suelo, C-CO_2, Espectroscopia molecular, Modelos de medición, PLS*.

Introducción

El análisis de suelos es utilizado con éxito en estudios de fertilidad, clasificación, génesis, salinidad, contaminación, antropológicos y forenses; los cuales son realizados por métodos convencionales que se caracterizan por el uso de reactivos de laboratorio, generan residuos químicos, destruyen la muestra, se requiere de horas a días para el análisis, con errores analíticos debido a la manipulación de la muestra. La tecnología NIR se caracteriza por obtener 1050 registros por minuto de cada muestra analizada, no es destructiva y no se generan residuos de laboratorio. Para la interpretación de los espectros (registros) se utilizan técnicas quimiométricas con las cuales es posible obtener modelos de medición y de clasificación de propiedades y elementos del suelo. La NIRS se ha utilizado en la obtención de modelos de medición de nitrógeno (Jarquín-Sánchez *et al*., 2011), carbono y nitrógeno (Esquivel-Valenzuela *et al*., 2018) en la evaluación de la calidad de suelo mediante modelos de clasificación (MC) (Ramírez-García *et al*., 2023).

En este trabajo se presentan estudios realizados para la medición de propiedades y elementos del suelo con el espectrofotómetro de infrarrojo cercano y la quimiometría. Se presentan las pautas para construir y evaluar estadísticamente los MM de la respiración, obtenidos a partir de los datos los espectros NIR, más los valores de referencia. Así como los considerandos para demostrar la capacidad de modelación de una variable y la construcción de MM para aplicaciones en análisis de rutina.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con un diseño descriptivo, retrospectivo, prospectivo, transversal y no experimental (Méndez-Ramírez, Namihira, Moreno y Sosa, 2014). Las muestras proceden de la región de los Ríos (RR) en Tabasco, México. se seleccionaron 48 sitios de muestreo, de 2 ha cada uno de ellos, en cuatro tipos de usos: agricultura temporal (maíz, frijol, calabaza, etc.), agricultura anual (caña de azúcar), pastizal (ganadería extensiva) y vegetación secundaria, cada tipo de uso con tres tiempos de establecimiento: 1984, 2000, 2019. En cada sitio, el muestreo se realizó con un diseño probabilístico sistemático en dos direcciones semi-alineado en zigzag. La toma de muestras de suelo fue con una barrena tipo holandesa, a 30 cm de profundidad. Las muestras de suelo se secaron al aire y a temperatura ambiente, se molieron y se tamizaron a través de una malla número 10 (2 mm) para la determinación de la respiración y los espectros NIR.

Respiración del suelo. Para medir la respiración se adoptó el método GLOSOLAN-SOP-18, armonizado por la Red Mundial de Laboratorios de Suelos (GLOSOLAN, 2023). El método se fundamenta en la captura de CO_2 con una solución alcalina y la titulación del exceso de hidróxido de sodio con ácido clorhídrico.

Espectros del infrarrojo cercano. Los espectros NIR se obtuvieron con un espectrofotómetro marca Foss (modelo Versatile Agri Analyzer 6500 System). La luz reflejada se registra mediante el programa ISIScan (2008. El espectrofotómetro está acoplado a una computadora (Acer AMD Sempron™ Processor 3200+ 1.81 GHz, 448 MB de RAM. Para obtener el espctro se colocaron ~50 g de suelo en una celda porta muestra de cuarzo de 24 cm^3. El rango espectral fue de 400 a 2498 nanómetros (nm), con intervalos de muestreo de 2 nm, lo que produce un espectro de 1050 datos.

Interpretación quimiométrica. La interpretación de los espectros se realizó mediante la regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS¸ siglas en inglés) con el programa Pirouette (Infometrix Inc. Versión 4.11).

Resultados y discusión

Espectros NIR. En la Figura 1 se presentan los espectros NIR y los valores de referencia para el C-CO_2 de las 48 muestras de suelos; se observan tendencias similares en todas las muestras, a excepción de una que presenta una ligera separación en la parte inferior de los espectros. Los valores de respiración del suelo tuvieron con un rango de 8.95, con una distribución normal basado en los valores del coeficiente de asimetría (0.57) y la curtosis

(1.09). La media y la mediana están muy cercanos; aun y cuando se incluye un valor identificado como atípico (*outlier*) en el diagrama de caja y bigote. La muestra que presentó diferencia espectral y de la respiración, no se eliminó y se mantuvo hasta la modelación mediante regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS).

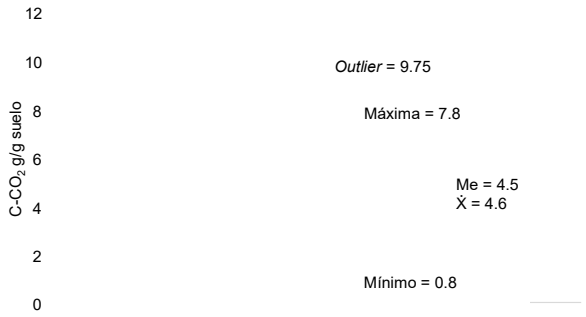


Figura 1. Espectros del infrarrojo y estadística descriptiva de los datos de respiración de las 48 muestras de suelo de la Región de los Ríos, Tabasco, México.

Validación del modelo de medición de C-CO_2. El modelo de medición (PLS) seleccionado se construyó con los espectros de las 48 muestras de suelo, lo cual constituyó una matriz de datos espectrales de 50400 valores (1050 x 48), más 48 valores de referencia de C-CO_2. Los datos se transformaron mediante: *normalize (1.000), divide by 1-norm, log10, 1st derivative y 2nd derivative*. En la construcción del modelo de medición se utilizaron seis factores (componentes). En la Figura 2 se presenta la correlación entre los valores obtenidos con el método de referencia (GLOSOLAN, 2023) y el valor de la respiración estimado por el modelo de medición PLS seleccionado; lo que junto con la validación del modelo, con error estándar de calibración de 0.2470, el error estándar de validación cruzada de 2.5020 y la r^2 de calibración de 0.9904, que confirman lo observado en la Figura 1. También se demostró que la muestra clasificada como atípica no afecto la capacidad de modelación, y a su vez es necesaria incluir una mayor diversidad de suelos ya que por su naturaleza pueden presentarse muestras similares en la aplicación futura del modelo de medición. Con los resultados obtenidos se demostró que la tecnología NIR proporciona suficiente información para establecer modelos de medición de respiración del suelo, con resultados similares a los obtenidos con el método de referencia, con un tiempo de análisis que paso de días a minutos.

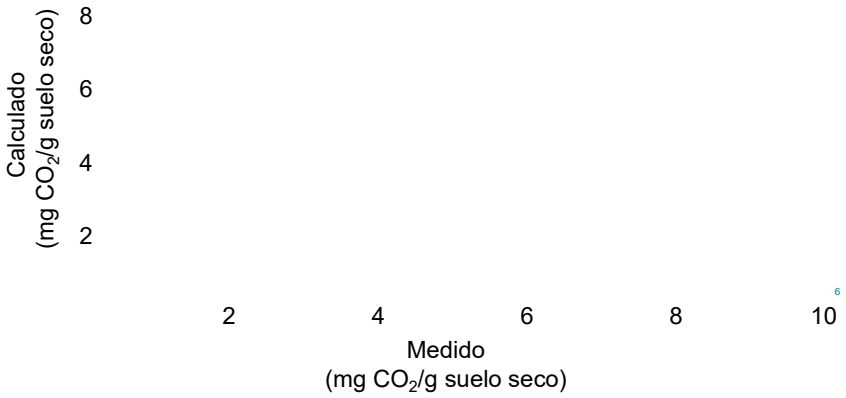


Figura 2. Comparación de los valores medidos y los calculados por el modelo de medición de la respiración de los suelos de la región de Los Ríos, Tabasco, México.

Conclusiones

La tecnología NIR proporciona suficiente información para establecer modelos de medición de respiración del suelo, con resultados estadísticamente iguales a los obtenidos con el método de referencia. El análisis con

espectroscopia de infrarrojo cercano es una técnica analítica más rápida, no destruye la muestra, no genera residuos de laboratorio, tiene menos manipulación de la muestra y por tanto menor error analítico; todo esto cuando se compara con los métodos convencionales. Solamente se necesita secar, moler y tamizar las muestras de suelos para evaluar la calidad estructural de suelos.

Referencias bibliográficas

Esquivel-Valenzuela, B., J. A. Cueto-Wong, C. O. Cruz-Gaistardo, A. Guerrero-Peña, A. Jarquín-Sánchez, D. Burgos-Córdova. 2018. Organic carbon and total nitrogen in Mexican forest soils through VIS-NIR spectroscopy. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 9 (47):295–313.

Fernández-De Andrade, L. 2014. Aplicación del índice de estabilidad estructural de Pieri (1995) a suelos montañosos de Venezuela. Terra Nueva Etapa, 30(48):143-153.

Jarquín-Sánchez, A., Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Camacho-Chiu, W., & Guerrero-Peña, A. 2011. Análisis de nitrógeno total en suelos tropicales por espectroscopía de infrarojo cercano (NIRS) y quimiometría. Agrociencia, 45(6):653-662.

Ramírez-García, A. R., Guerrero-Peña, A., Zavala-Cruz, J., García-López, E., Sánchez-Hernández, R., Rincón-Ramírez, J. A. 2023. Evaluación de la calidad de suelo de Tabasco, México, con métodos convencionales, espectroscopia de infrarrojo cercano y quimiometría. Terra Latinoamericana, 41:1-12.

SEMARNAT NOM-021-RECNAT-2000. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. Norma Oficial Mexicana, 2000). (2002). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 2a ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F.

FACTORES DE TRANSCRIPCIÓN WRKY COMO MODULADORES DE RESPUESTA AL ESTRÉS BIÓTICO EN LIMÓN PERSA (*Citrus x latifolia*)

Berenice Preza-Murrieta[1], Felipe Roberto Flores-de la Rosa[2*], Norma Flores-Estévez[1] y Juan Carlos Noa-Carrazana[1]

[1]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Avenida de Las Culturas Veracruzanas 101, Col. Emiliano Zapata, Xalapa, CP 91090, Veracruz, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Cong. Javier Rojo Gómez, Tlapacoyan C.P. 93600, Veracruz, México
*Autor para correspondencia: flores.felipe@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Expresión diferencial*, *Huanglongbing*, *Inmunidad, Regulación génica.*

Introducción: En México, el estado de Veracruz se destaca por ser el principal productor de limón persa (*Citrus x latifolia*); a pesar de tener una buena producción, esta se ve afectada por diferentes factores bióticos como las plagas y enfermedades, entre ellas el Huanglongbing (HLB); es considerada como una de las enfermedades más devastadoras en los huertos donde se presenta, ya que algunos de los efectos que causa son la disminución de la producción debido a la baja calidad del fruto, enanismo en los árboles, la acumulación de almidón y clorosis asimétrica en las hojas. Dicha enfermedad es causada por *Candidatus* Liberibacter asiaticus (*C*Las), la cual es una bacteria que afecta principalmente el sistema vascular limitándose al floema de las plantas. Ante esta situación las células afectadas de las plantas deben llevar un proceso adaptativo constante y deben modificar los patrones de expresión génica. En este tenor, la familia de Factores de Transcripción (FT) WRKY, tienen un papel importante en la regulación positiva y negativa de la inmunidad innata de las plantas, causada por microbios o patógenos, además de que participan en otros procesos de desarrollo de las plantas. Debido a que no se puede aislar al patógeno causante del HLB es necesario comprender a nivel molecular la interacción entre planta–patógeno para poder entender la alteración que la enfermedad provoca en la planta, ya que no existe evidencia concreta respecto a la respuesta molecular del limón persa al HLB. El objetivo de este trabajo fue conocer cómo se comportan los FT WRKY en limón persa cuando este se encuentra infectado por *C*Las.

Materiales y métodos

A partir del transcriptoma de limón persa infectado con *C*Las, (hojas sanas y con síntomas de HLB) publicado por Estrella-Maldonado *et al*. (2023), se recuperaron las secuencias que contenían un dominio WRKY a las cuales se les realizó un análisis BLASTn que identificó secuencias representativas de los distintos WRKY de otras especies de cítricos y de *Arabidopsis thaliana*. A las secuencias obtenidas se les realizo un alineamiento con ClustalW y se obtuvo un árbol consenso. De acuerdo con los resultados de la herramienta DESeq2 se identificaron los genes *WRKY* expresados diferencialmente en el transcriptoma de limón persa infectado con *C*Las tomando en cuenta el *p value* y *p ajustado* <0.05. con el fin de analizar la co-expresión se buscaron las posibles interacciones y los grupos entre las proteínas WRKY mediante el software STRING tomando como referencia las interacciones de *A. thaliana* frente a *C. latifolia* en el mismo software se realizó ontología génica de cada *WRKY* identificado en el transcriptoma de *C. latifolia*. Finalmente se validaron los genes expresados diferencialmente a partir de la extracción de ADN y ARN de hojas con síntomas y sin síntomas de HLB para poder cuantificar la expresión de dichos WRKY mediante q-PCR usando el método $2^{-\Delta\Delta CT}$.

Resultados y discusión: De acuerdo con el análisis BLASTn que se realizó con cada uno de los transcritos de *C. latifolia* se identificaron homólogos de genes *WRKY* en otras especies de cítricos como *Citrus sinensis, C. clementina* y *C. japónica.* De la construcción del árbol filogenético de consenso estricto (Figura 1), se observa cómo se encuentran distribuidos los factores de transcripción WRKY de C*. latifolia, C. sinensis, C. clementina, C. japónica* de acuerdo con *Arabidopsis thaliana*.

La ontología génica obtenida (Figura 2), indica que todos los genes *WRKY* presentes en el transcriptoma de *C. latifolia* están en el núcleo cumpliendo así su función como factores de transcripción, al menos 30 WRKY están relacionados a procesos biológicos de gran importancia como la respuesta a estímulos, y actividad de factor de transcripción.

Mientras que el análisis de co-expresión clasificó a los genes WRKY en tres grupos diferentes (Figura 3), donde el grupo verde presenta más co-expresión entre los genes y el grupo de color rojo es el que no presenta ningún tipo de interacción, cabe destacar que los genes WRKY que se expresan diferencialmente en el transcriptoma de *C. latifolia* se encuentran distribuidos en estos tres grupos, pero no existe co-expresión con algún otro gen.

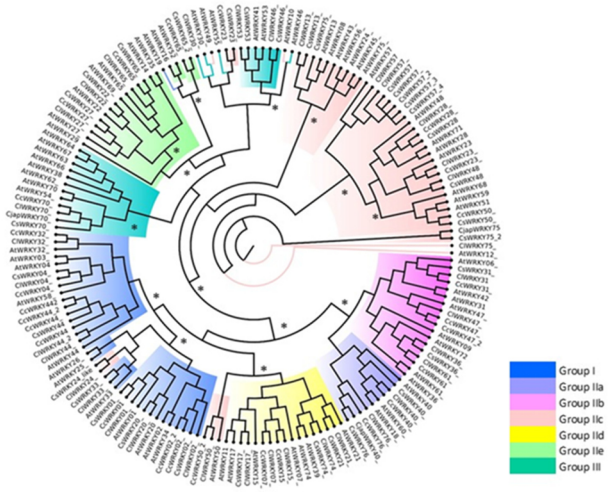


Figura 1. Consenso estricto de la filogenia de máxima parsimonia de los genes *WRKY* de Citrus latifolia (*ClWRKY*), *C. sinensis* (*CsWRKY*), *C. clementina* (*CcWRKY*) y *Arabidopsis thaliana* (*AtWRKY*). Los asteriscos indican un porcentaje de bootstrap/jacknife de 100/100.

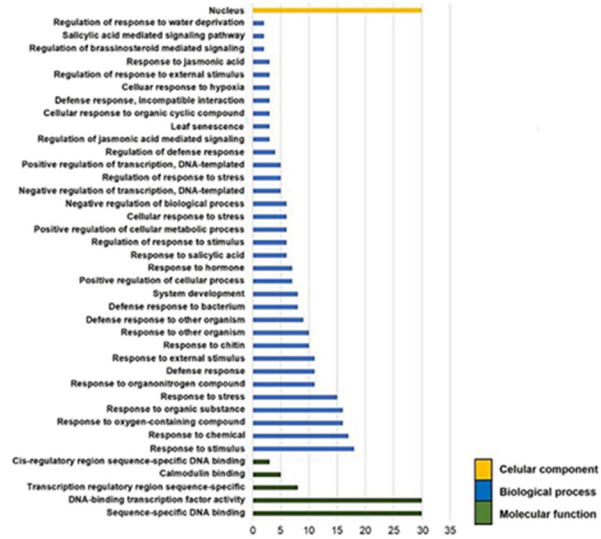


Figura 2. Anotación de ontología génica para 32 genes *ClWRKY* del transcriptoma de *Citrus x latifolia.*

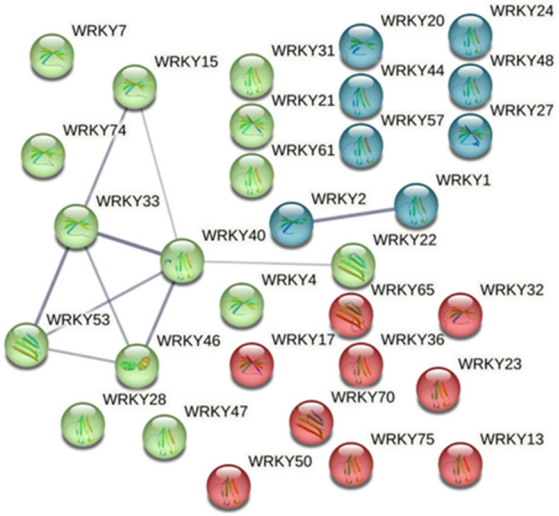


Figura 3. Red de co-expresión para 31 de las 32 proteínas *ClWRKY* en *Citrus x latifolia* en función de sus homólogos en *Arabidopsis thaliana.* El grosor y la intensidad de las líneas son proporcionales a la evidencia experimental de co-expresión entre proteínas en *A. thaliana.*

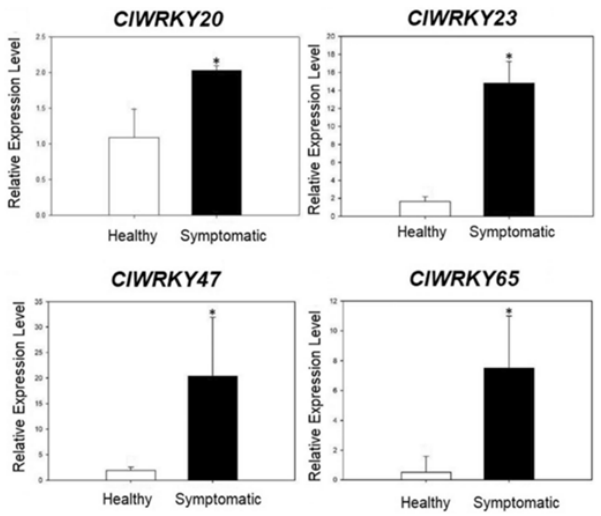


Figura 4. Expresión relativa de los genes *ClWRKY* en hojas de *Citrus x latifolia* con síntomas de HLB y en hojas sanas. La expresión para cada transcripción se normalizó utilizando el método $2^{-\Delta\Delta CT}$. Cada barra representa la media y la desviación estándar. Los asteriscos indican diferencias significativas en la expresión entre hojas sanas y sintomáticas en una prueba T-Student bilateral ($P<0.05$).

El análisis demostró que el nivel de expresión relativa (Figura 4) presentó diferencia significativa ($p<0.05$) entre hojas de *C. latifolia* sintomáticas y sanas de HLB, en donde el *WRKY20* muestra mayor actividad en muestras asintomáticas, mientras que el *WRKY23* y *WRKY47* presentan mayor diferencia entre muestras sintomáticas y asintomáticas. La familia de genes *WRKY* es considerada una de las más importantes de FT en plantas, por estar estrechamente relacionada con la respuesta a estrés biótico y abiótico. Por lo cual, son de especial interés para entender la tolerancia que algunas especies muestran a enfermedades de importancia económica, tal es el caso de *C. latifolia* y el HLB. El presente trabajo representa el primer estudio de los FT de la familia WRKY en este cítrico y su posible rol en la respuesta a la infección por *C*Las.

Conclusiones

Se tiene como evidencia que los FT WRKY que se expresan diferencialmente en tejidos que presentan síntomas del HLB por lo que estos sí se encuentran relacionados con la defensa de *C. latifolia* ante la enfermedad. El presente estudio demuestra que, en *C. latifolia*, cítrico tolerante al HLB, se han identificado al menos 32 WRKY en su transcriptoma durante la infección por *C*Las y de ellos al menos cuatro se expresan diferencialmente en el transcriptoma y dicha expresión se valida mediante ensayos de qRT-PCR.

Referencias bibliográficas

Robles-González, M. M. *et al.* 2013. Síntomas del Huanglongbing (HLB) en árboles de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y su dispersión en el estado de Colima, México. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 19, 15–31.

Eulgem, T., Rushton, P. J., Robatzek, S. & Somssich, I. E. 2000. The WRKY superfamily of plant transcription factors. *Trends in Plant Science* 5, 199–206.

Flores-Sánchez, J. L. *et al.* 2015. Pérdidas en Producción inducidas por *Candidatus* Liberibacter asiaticus en Limón Persa, en Yucatán México. *Revista mexicana de fitopatología* 33, 195–210.

Estrella-Maldonado, H. *et al.* 2023. Insights into the Molecular Basis of Huanglongbing Tolerance in Persian Lime (*Citrus latifolia* Tan.) through a Transcriptomic Approach. *International Journal of Molecular Sciences* 24, 7497.

IDENTIFICACIÓN DE DOMINIOS NOI EN SECUENCIAS RIN4-like EN EL PROTEOMA DE *Citrus sinensis*

Erick Angel Mendoza-Pérez[1], Felipe Roberto Flores-de la Rosa[2]*, Mauricio Luna-Rodríguez[1], Nadia Guadalupe Sánchez-Coello[1] y Ricardo Santillán-Mendoza[2]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91090, Xalapa, Ver., México
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, Km 4.5 Carr. Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Tlapacoyan, Ver., México.
*Autor de correspondencia: flores.felipe@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Genómica*, *Biotecnología agrícola*, *Citricultura, Resistencia Sistémica*.

Introducción

La naranja (*C. sinensis*) es de los cítricos con mayor importancia en México. Este cultivo es afectado por la enfermedad del Huanglongbing (HLB), considerada la enfermedad más devastadora para los cítricos (Robles-González *et al*., 2013). Se ha reportado variabilidad de comportamiento ante el HLB para las diferentes especies del género *Citrus* (Miles *et al*., 2017). La susceptibilidad varía según la especie debido a una diferencia en la expresión de genes específicos como el gen *RIN4*, el cual muestra una mayor expresión en especies susceptibles como la naranja, pero se reprime en especies tolerantes. Esta proteína se ha estudiado en *Arabidopsis thaliana* y se tiene reportado que regula mecanismos de defensa ante agentes patógenos como PTI y ETI (Zhao *et al.,* 2021). Se han identificado proteínas homólogas de RIN4 en diversas especies lo cual hace pensar que pueden cumplir con funciones similares. Las proteínas pertenecientes a la familia RIN4-*like* se caracterizan por contener dominios funcionales AvrRpt-cleavage (NOI), los cuales están relacionados con la defensa ante enfermedades. En la actualidad, no se tiene información de la familia RIN4-*like* en naranja, por ello el objetivo de esta investigación es realizar la identificación y caracterización de las proteínas RIN4-*like* en naranja, tomando como base la presencia y posición de dominios funcionales NOI.

Materiales y métodos

Se recuperó la secuencia proteica de RIN4 perteneciente a *A. thaliana* en la base de datos TAIR. Con base en la secuencia obtenida se identificaron secuencias similares a RIN4 en el genoma de *C. sinensis* mediante la plataforma Citrus Genome Database (https://www.citrusgenomedb.org/) utilizando una prueba BLASTp. Posteriormente se introdujeron las secuencias en la plataforma en línea SMART para identificar la presencia de dominios funcionales NOI. Se realizó el alineamiento de las secuencias obtenidas que mostraran la presencia de al menos un dominio NOI. Finalmente, se realizó un análisis de máxima parsimonia mediante el programa MEGA 11 para determinar si existe homología entre las secuencias identificadas y la secuencia de *A. thaliana*.

Resultados y discusión

Se identificó la secuencia proteica perteneciente a RIN4 en *A. thaliana* (Cuadro 1), la cual se utilizó como base para la identificación de las proteínas RIN4-*like* y se le llamó RIN4AT.

Cuadro 1. Secuencia RIN4 perteneciente a *A. thaliana*. La sección en color rojo se refiere la posición del dominio funcional NOI identificado.

Nombre	Secuencia
RIN4AT	MARSNVPKFGNWEAEENVPYTAYFDKARKTRAPGSKIMNPNDPEYNSDSQSQAPPHPPSSRTKPEQVDTVRRSRE HMRSREESELKQFGDAGGSSNEAANKRQGRASQNNSYDNKSPLHKNSYDGTGKSRPKPTNLRADESPEKVTVVPKF GDWDENNPSSADGYTHIFNKVREERSSGANVSGSSRTPTHQSSRNPNNTSSCCCFGFGGK

El análisis BLASTp permitió identificar 12 secuencias similares a RIN4At en naranja como se puede ver en el cuadro 2. En la mayoría de estas secuencias se han identificado de 1 a 2 dominios funcional NOI, por otro lado,

RIN4h no posee algún dominio NOI. además, se puedo observar que los dominios se encuentran en alguno de los extremos de las proteínas y estos pueden tener un tamaño de entre 32 y 36 aminoácidos.

Cuadro 2. Características de dominios funcionales NOI pertenecientes a la familia RIN4-*like* en naranja.

Presencio de dominios NOI en *RIN4 C. sinensis*								
Proteína	Tamaño	Dominios NOI encontrados	Nombre	Posición	Aminoácidos	Nombre	Posición	Aminoácidos
AT3G25070.1 RIN4AT	211	1	AvrRpt-cleavage	142-178	36	N/A	N/A	0
Cs_ont_9g013950.1 RIN4a	225	2	AvrRpt-cleavage	4-36	32	AvrRpt-cleavage	151-187	36
Cs_ont_5g013830.1 RIN4b	265	1	AvrRpt-cleavage	194-230	36	N/A	N/A	0
Cs_ont_5g013830.2 RIN4c	213	1	AvrRpt-cleavage	2-34	32	N/A	N/A	0
Cs_ont_5g013830.4 RIN4d	213	1	AvrRpt-cleavage	2-34	32	N/A	N/A	0
Cs_ont_5g013830.3 RIN4e	213	1	AvrRpt-cleavage	2-34	32	N/A	N/A	0
Cs_ont_2g001150.1 RIN4f	253	2	AvrRpt-cleavage	1-33	32	AvrRpt-cleavage	174-210	36
Cs_ont_9g013880.1 RIN4g	574	2	AvrRpt-cleavage	188-220	32	AvrRpt-cleavage	442-478	36
Cs_ont_9g013950.2 RIN4h	158	0	N/A	N/A	0	N/A	N/A	0
Cs_ont_2g023000.1 RIN4i	78	1	AvrRpt-cleavage	5-41	36	N/A	N/A	0
Cs_ont_4g020800.1 RIN4j	78	1	AvrRpt-cleavage	2-38	36	N/A	N/A	0
Cs_ont_2g016580.1 RIN4k	67	1	AvrRpt-cleavage	2-38	36	N/A	N/A	0
XM_025099479 RIN4l	320	2	AvrRpt-cleavage	194-228	34	AvrRpt-cleavage	250-286	36

Mediante los alineamientos de las secuencias RIN4-*like* se caracterizaron los dominios NOI, se identificaron similitudes entre algunas secuencias, tal como se observa en el cuadro 3 donde se únicamente las secuencias RIN4c, d y e son iguales.

Cuadro 3. Dominios funcionales NOI identificados dentro de la familia RIN4-like en naranja.

Secuencia	Dominio NOI
RIN4AT	PEKVTVVPKFGDWDENNPSSADGYTHIFNKVREERSS
RIN4a	SRYNHVPKFGNWETEEHVPYSLYFDEARKRRN PTDHTAAVPEFGDWDEPDPTSADGYTYIFNQVREER
RIN4b	PDKGAAVPKFGDWDENNPSSADGYTHIFNQVR
RIN4c	AQRSHVPKFGNWENEDNVPYTMYFDKARKGRT
RIN4d	AQRSHVPKFGNWENEDNVPYTMYFDKARKGRT
RIN4e	AQRSHVPKFGNWENEDNVPYTMYFDKARKGRT
RIN4f	MAKNSRVPKFGDWDNDNIPYTTFFENARKEKAG
RIN4g	HIAAVTKFGDWDDYIPATADRYTLNKVREERL PDHSAAVPKFGEWDESDPTSADGFTHVFNKVREEKM
RIN4h	N/A
RIN4i	QGKGRPLPKFGEWDVNNPASAEGFTVIFSKARDEKKS
RIN4j	SDKGRPLPKFGEWDVNDPASAEGFTVIFNKARDEKKT
RIN4k	AEKGGPLPKFGEWDVNDPASAEGFTVIFNKARNEKKT
RIN4l	PDGGAAFPKFSDWDKNTASADGYNHIFKKLRDERR PDKGAAVPKFGDWDENNPSSADGYTHIFNQVREERNS

Finalmente, el análisis filogenético de máxima parsimonia arrojo que la secuencia RIN4f posee mayor similitud con RIN4AT, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Resultado de análisis de máxima parsimonia de secuencias RIN4-like pertenecientes a *C. sinensis*.

La variabilidad presente en los dominios NOI, puede asociarse principalmente a la característica de las proteínas RIN4 de ser intrínsecamente desordenadas. Dicha característica genera que las proteínas no posean una estructura tridimensional única, debido a que esto les permite adaptarse a los cambios de los agentes de avirulencia y poder activar mecanismos de defensa de la planta como a Inmunidad Inducida por Patrones (PTI) e Inmunidad Desencadenada por Efectores (ETI). Por otro lado, la variabilidad de las proteínas RIN4-*like* identificadas puede indicar que estas cumplen diferentes funciones dentro de la planta, por lo que su estudio a fondo nos permitiría comprender mejor su funcionamiento y la importancia para el combate de enfermedades como el HLB.

Conclusiones

Todas las secuencias proteicas a excepción de RIN4h identificadas en el genoma *C. sinensis* pueden ser consideradas parte de la familia RIN4-*like* en naranja. Por otro lado, los dominios NOI pueden encontrarse en diferentes posiciones de las proteínas RIN4 y pueden tener diferencias en el tamaño, así como en sus secuencias. Finalmente, debido a la cercanía observada en el árbol filogenético la proteína RIN4f (Cs_ont_9g013950.1) puede ser considerada homologa de RIN4At.

Referencias bibliográficas

Robles-González, M. M., J.J Velázquez-Monreal, M.A Manzanilla-Ramirez, M. Orozco-Santos, V. M, Medina-Urrutia, J. I. López-Arroyo 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.

Miles G. P., E. Stover, C. Ramadugu, M. L. Keremane y Lee R. F. 2017. Apparent tolerance to huanglongbing in citrus and citrus-related germplasm. HortScience, 52(1), 31-39.

Zhao G, D. Guo, L. Wang, H. Li, C. Wang y Guo X. 2021. Functions of RPM1-interacting protein 4 in plant immunity. Planta, 253(1), 11.

EFECTO DEL MÉTODO Y FERTILIZACIÓN CON NPK EN EL RENDIMIENTO DE CALABAZA EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Israel Rojas Martínez[1]* y Rogelio Fernández Sosa[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Tlaxcala, km 2.5 Carr. Tlaxcala-Chiautempan, CP. 90802, Tlaxcala, México
*Autor para correspondencia: rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Cucúrbita moschata, Producción de semilla, Composta, Criollas*.

Introducción

Cucurbita moschata, es la especie del género *Cucurbita* de mayor importancia agrícola y comercial en el mundo (OECD, 2016), por su valor nutricional y como alternativa para afrontar los retos de la insuficiencia alimentaria y atender la creciente demanda de alimentos (Wan Shafiin *et al*., 2021), con alto contenido en vitaminas (A, B2, C y E), β-caroteno, flavonoides, aminoácidos y minerales. Los fertilizantes nitrogenados presentan una eficiencia de aplicación de 50%, los fosfatados de 10% y los potásicos de 30%, son componentes de alta importancia en la nutrición de la calabaza, debido a los altos niveles de degradación que presentan algunos suelos y que requiere aportaciones de abonos orgánicos y biofertilizantes para mejorar la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, se ha determinado que el manejo en la fertilización de *C. moschata*, influye en la biodisponibilidad e incremento de absorción y movilidad de minerales y nutrimentos del suelo al tejido vegetal (Upadhayay *et al.,* 2019; Golob *et al.,* 2020). Un aspecto relevante en la producción de calabaza es proponer prácticas eficientes en el manejo nutricional y agronómico del cultivo de *C. moschata* para generar un mayor desarrollo, rendimiento y mejora en sus diversos aspectos agronómicos como método de siembra y optimización de la fertilización inorgánica y orgánica mediante el uso de bioestimulantes y reguladores del creciente vegetal para incrementar la calidad de fruto y semilla (Sedano-Castro *et al*., 2011). Por lo anterior, el objetivo fue determinar el efecto del método y la fertilización con NPK en el rendimiento de calabaza en la región poniente del estado de Tlaxcala.

Materiales y métodos

El ensayo se estableció en P-V 2023 en Espíritu Santo, municipio de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tlaxcala, con la accesión criolla ACTLX 5 procedente de San Miguel Pipillola, Españita. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron los métodos de siembra (M1= 1-0 surcos continuos; M2= 1-2 siembra de un surco con dos surcos sin sembrar y M3= 1-3 siembra de un surco y tres surcos sin sembrar) y la parcela chica con tratamientos de fertilización (NPK) con un factorial 2^3, los factores y niveles fueron: N (60 y 100 kg/ha), P (23 y 46 kg/ha) y K (0 y 30 kg/ha) que generan 8 tratamientos más 3 tratamientos adicionales de composta y el testigo absoluto sin fertilización más composta, con dos repeticiones. La parcela experimental fue de 4 matas espaciadas a 1.5 m y surcos con separación a 0.8 m. Los fertilizantes comerciales fueron urea, DAP y cloruro de potasio, la composta se adquirió en la región de Huamantla, Tlaxcala. Las variables registradas fueron: densidad de población en plantas/ha (DP), número de frutos por planta (NFP); número de frutos/ha (NFH), peso por fruto en kg/ha (PF), diámetro ecuatorial en cm (DEC), diámetro polar en cm (DPO), peso de semilla por fruto en g (PSF), número de semillas por fruto (NSF), rendimiento de fruto en t/ha (RENF) y rendimiento de semilla en kg/ha (RENS). Se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias Tukey (α= 0.05) para el factor método y tratamientos de fertilización química y composta.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se aprecia el resumen del análisis de varianza con las variables agronómicas, donde se indica significancia estadística ($p \leq 0.01$) en todas las variables en el factor método de siembra (MET), excepto para NFP, que fue no significativa. En el factor fertilización (FERT), presentaron significancia ($p \leq 0.01$) las variables DP, NFP, NFH, PF, PSF, RENF y RENS, mientras que NSF tuvo significancia ($p \leq 0.05$) y el resto de las variables fueron no significativas. Para la interacción MET*FERT tuvo significancia ($p \leq 0.01$) con las variables DP, NFH, PF, PSF, RENF y RENS, el resto de las variables fueron no significativas.

Cuadro 1. Resumen del análisis de varienaza con Fcal por variable en el ensayo de fertilización, Tlaxcala. 2023.

Variables	Método (MET)	Fertilización (FERT)	Interacción (FERT*MET)	Media	CV%
DP	1193.34**	3.30**	6.10**	9.22	7.1
NFP	0.83 ns	4.48**	1.33 ns	1.05	18.7
NFH	119.90**	5.63**	6.43**	9.83	11.4
PF	84.01**	6.16**	3.44**	3.15	10.3
DEC	16.71**	1.34 ns	1.02 ns	19.24	7.5
DPO	5.17*	1.24 ns	0.83 ns	16.38	9.6
PSF	27.25**	5.76**	3.42**	111.74	8.2
NSF	3.29*	2.26*	1.66 ns	402.02	15.6
RENF	28.44*	17.26**	9.08**	30.74	10.6
RENS	58.36**	58.36**	10.19**	1.10	9.2

El efecto del método de siembra en las variables agronómicas se indica en el Cuadro 2, donde el M1 tuvo la mayor DP que son estadísticamente diferente a M2 y M3, ambos estadísticamente iguales. Con relación a NFH fue diferente por método, donde M1 tuvo mayor cantidad de frutos, superando a M2 y M3 con 4.38 y 3.43 miles de frutos/ha, en ese orden; sin embargo, PF, DF, AF y PSF tuvieron valores mayores con M2 y M3, estos estadísticamente iguales. Para NSF M1 fue estadísticamente igual a M2, pero diferente a M3. RENF fue mayor en los métodos M1 y M3 y ambos estadísticamente diferentes a M2. El M1 tuvo el mayor RENS, seguido por M3 y M2.

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey (α= 0.05) de variables por método de siembra, Tlaxcala, 2023.

MÉTODO	DP	NFH	PF	DF	AF	PSF	NSF	RENF	RENS
M 1	14.19 a	12.37 a	2.5 c	17.7 b	15.5 b	96.6 b	437 a	31.2 a	1.2 a
M 2	6.77 b	7.99 c	3.2 b	19.8 a	16.5 ab	112.7 a	419 ab	25.8 b	0.90 c
M 3	7.12 b	8.94 b	3.5 a	19.9 a	17.2 a	115.4 a	392 b	31.4 a	1.04 b
DSH	0.42	0.729	0.2	1.0	1.3	6.7	43.4	2.1	0.07

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias por variable y tratamiento de fertilización, para RENS y RENF los tratamientos sobresalientes fueron 100-46-30 y 100-46-00 (NPK) con 1,299 y 1,250 kg/ha y 37.2 y 33.6 t/ha, en ese orden, que son estadísticamente iguales, lo que indica significancia por efecto del nitrógeno y fósforo, sin efecto de potasio, posiblemente debido a la baja movilidad y bajo sistema radical de la especie como lo señalan Golob *et al.* (2020) y Upadhayay *et al.* (2019). El tratamiento testigo absoluto + 2.0 t/ha de composta tuvo el menor rendimiento de semilla y fruto con 756.6 kg/ha y 21.4 t/ha, estadísticamente iguales con los tratamientos 60-23-30, 60-23-00 +3 y 60-23-00 +2 con 820.0, 882.5 y 935.2 kg/ha y 22.4, 26.1 y 27.0 t/ha, respectivamente.
La interacción MET*FERT indicó que el mayor rendimiento de semilla y fruto se tuvieron con M1 y M3 asociados con el tratamiento de fertilización (NPK) 100-46-00 y 60-46-00 con 1,739, 1,548 kg/ha y 45.3 y 42.6 t/ha, en ese orden.

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables registradas por tratamiento de fertilización y composta, Tlaxcala. 2023.

No	N - P - K	DP	NFP	NFH	PF	PSF	NSF	RENF	RENS
1	60-23-00	9.38 abc	0.8 b	10.07 abc	2.7 c	101.2 bcd	366.2 b	27.6 cde	1020.4 cde
2	60-23-30	8.85 bc	0.9 ab	7.99 d	2.8 c	104.2 abcd	348.8 b	22.4 ef	820.0 fg
3	60-46-00	8.68 c	1.3 a	11.11 a	3.2 abc	112.3 abc	384.8 ab	34.9 ab	1221.1 ab
4	60-46-30	9.55 abc	1.1 ab	9.028 bcd	3.5 ab	110.7 abc	433.9 ab	31.3 bcd	998.9 def
5	100-23-00	9.03 bc	1.3 a	9.20 abcd	3.0 bc	112.8 abc	420.9 ab	27.4 cde	1039.6 bcde
6	100-23-30	9.38 abc	1.2 ab	10.07 abc	3.2 abc	111.9 abc	412.4 ab	31.5 abcd	1124.8 abcd
7	100-46-00	9.72 abc	0.9 ab	10.42 ab	3.2 abc	119.2 ab	406.0 ab	33.6 ab	1250.5 a
8	100-46-30	9.20 abc	0.9 ab	10.76 ab	3.6 a	121.7 a	443.2 ab	37.2 a	1299.4 a
9	60-23-00+1	9.20 abc	1.3 a	10.59 ab	3.2 abc	116.0 abc	431.4 ab	33.3 abc	1206.2 abc
10	60-23-00+2	10.24 a	1.1 ab	9.55 abcd	2.9 c	100.7 bcd	421.6 ab	27.0 def	935.2 defg
11	60-23-00+3	9.20 abc	1.3 a	10.24 ab	2.8 c	91.1 d	493.4 a	26.1 def	882.5 efg
12	00-00-00+2	9.99 ab	1.3 ab	8.16 cd	2.9 c	97.1 cd	429.3 ab	21.4 f	756.6 g
DSH		1.2	0.4	2.08	0.5	19.2	123.9	5.9	190.4

Conclusiones

El mayor rendimiento de semilla y fruto se obtuvo con el método M1 con una densidad de población de 14.2 miles de plantas por hectárea y una fertilización química de 100-46-30 NPK, a pesar de tener mayor competencia entre plantas y menor tamaño de frutos, que los M2 y M3, lo cual indica que este método de cultivo es un componente tecnológico para lograr mayor productividad del cultivo en condiciones de temporal en la zona poniente del estado de Tlaxcala. La perspectiva es continuar con el manejo en los métodos y la fertilización (NPK) para la optimización de estos componentes tecnológicos en los ambientes de importancia regional, debido a que no se cuenta con suficiente información que garantice una recomendación.

Referencias bibliográficas

Golob, A., A. Kroflič, A. Jerše, N. Kacjan-Maršić, H. Šircelj, V. Stibilj and M. Germ. 2020. Respuesta de la calabaza a diferentes concentraciones y formas de selenio y yodo, y sus combinaciones. Plantas 9(7):899.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). 2016. Evaluación de la seguridad de los organismos transgénicos en el medio ambiente, volumen 5. París, Francia.

Sedano-Castro, G., V. A. González-Hernández, C. Saucedo-Veloz, M. Soto-Hernández, M. Sandoval-Villa y J. A. Carrillo-Salazar. 2011. Rendimiento y calidad de frutos de calabacita con altas dosis de N y K. Terra Latinoamericana *29*(2):133-142.

Upadhayay, V. K., J. Singh, A. Khan, S. Lohani, and A.V. Singh, 2019. Transporte de micronutrientes mediado por micorrizas en plantas alimenticias: Una estrategia de biofortificación. p. 1-24. In: A. Varma y D. Choudhary (Eds.). Micorrizosfera y pedogénesis. Singapur: Springer.

Wan Shafiin, W. N. S., N. L. Ablah, H. N. N. Fatihah, M. A. Alam, R. Ma'Arup, M. S. Jahan, *et al*. 2021. Estrategias de mejoramiento para mejorar el contenido y la calidad de nutrientes en cucurbitáceas: una revisión. Revista Internacional de Ciencias Vegetales, 27(5):1-24.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto: "Identificación de accesiones nativas sobresalientes y manejo agronómico para la producción de pepita de calabaza en el estado de Tlaxcala". Fuente financiera: INIFAP, recursos propios.

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACCESIONES NATIVAS DE CONDICIONES AGROCLIMATICAS LIMITANTES DE MAÍZ AMARILLO EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Rogelio Fernández Sosa[1]* e Israel Rojas Martínez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Tlaxcala, km 2.5 Carr. Tlaxcala-Chiautempan, CP. 90802, Tlaxcala, México
*Autor para correspondencia: fernandez.rogelio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea Mays, ambientes críticos, criollos (NATIVOS), adaptabilidad.*

Introducción

La autosuficiencia de maíz en México es un reto para la seguridad alimentaria, que es un alimento básico en la dieta mexicana, su cultura y además es un pilar de aprovechamiento en el sector pecuario. México consume alrededor de 46 millones de toneladas de maíz, de las cuales produce alrededor de 26.7 millones de toneladas con un déficit de producción de 19.3 millones de toneladas que corresponde a 41.9% del consumo total anual, de los cuales se requiere alrededor de 3 millones de maíz amarillo (Haro, 2024). La variabilidad climática ha generado aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos como sequías prolongadas, altas temperaturas, lluvias erráticas, presencia de heladas, inundaciones y granizo que afectan significativamente la productividad del maíz (Cruz *et al*., 2024). Por lo anterior, surge la necesidad de evaluar *in situ* accesiones nativas de maíz amarillo en los ambientes de condiciones limitantes para la producción de maíz en Tlaxcala. El objetivo fue evaluar accesiones nativas de maíz amarillo en condiciones agroclimáticas limitantes para la producción de maíz en Tlaxcala.

Materiales y métodos

En el ciclo PV 2023 se estableció un ensayo con 25 accesiones nativas de maíz amarillo en la localidad La Magdalena Soltepec municipio de Tlaxco y Las Pilas municipio de Españita, Tlaxcala en terrenos de productores. La fecha de siembre fue 9 y 30 de mayo, respectivamente. El diseño experimental fue bloques completos al azar con 3 repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 5 m de longitud con separación de surcos de 0.8 m. La densidad de población fue de 50 mil pl/ha. El manejo agronómico del cultivo fue el recomendado por el INIFAP. Las variables registradas fueron: densidad de población en miles de pl/ha (DP), días a floración femenina (DFF) y masculina (DFM), altura de planta (AP) y mazorca en cm (AM), porcentaje de hijos (PHIJ), porcentaje de esterilidad (PEST), porcentaje de cuateo (PCU), mazorcas por planta (MP), porcentaje de acame de tallo (PAT) y de raíz (PAR), longitud (LM) y diámetro de mazorca en cm (DM), hileras de granos por mazorca (HM), granos por hilera (GH), diámetro de olote en mm (DO), profundidad de grano en mm (PROG), peso volumétrico en g/L (PV), peso de 100 semillas en g (PCS) y rendimiento de grano al 14% de humedad en kg/ha (REN). Con las variables registradas se realizó un análisis de varianza y para rendimiento la comparación de medias (Tukey 0.05) por localidad.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta la cantidad y distribución de lluvia en el ciclo del cultivo de maíz PV 2023 de las estaciones climatológicas de la CONAGUA (2023) cercanas a los sitios de prueba, donde se aprecia que se tuvo una precipitación similar en ambas localidades

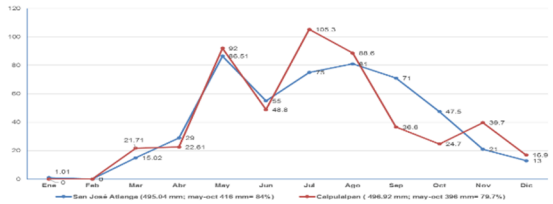


Figura 1. Distribución de la precipitación registrada en dos estaciones climatológicas cercanas a los sitios de prueba del ensayo de maíz, Tlaxcala, 2023.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen del análisis de varianza por variable en La Magdalena Soltepec (LMS) y Las Pilas (LP), donde en ambas localidades de prueba se tuvo en todas las variables significancia estadística (P<0.01), excepto AP, LM, PCS, DM, GH, PROG y PV con significancia (P<0.05); PROG, PV, PG, DO y LM fue no significativa, respectivamente.

Cuadro 1. Resumen del ANOVA de las variables registradas en dos localidades, Tlaxcala, 2023.

VARIABLES	SOLTEPEC			LAS PILAS		
	ACC	MEDIA	CV(%)	ACC	MEDIA	CV (%)
DP	4.87 **	46.3	3.9	15.91**	43.1	4.7
DFM	330.66**	81.5	0.8	330.66**	86.5	0.7
DFF	25.86**	90.9	1.0	25.86**	94.9	0.9
AP	1.96 *	193.1	9.1	5.15**	258.8	5.8
AM	4.65 **	98.4	8.8	3.96**	153.1	8.2
PAT	11.17 **	17.3	24.3	48.06 **	4.9	16.5
PAR	13.85 **	7.5	36.2	72.06 **	13.7	11.2
PCU	12.23 **	7.4	27.5	95.86 **	4.3	13.7
PEST	7.67 **	6.1	36.5	37.55 **	16.6	8.1
DO	5.82 **	21.9	7.3	0.90 ns	21.9	10.1
PCS	3.06 **	40.1	6.4	1.75 *	38.3	10.4
LM	2.14 *	14.9	7.6	1.34 ns	15.1	6.5
DM	4.13 **	4.8	4.3	1.83 *	5.1	5.1
HM	5.31 **	13.1	7.7	4.85**	13.8	7.9
GH	4.91 **	28.8	5.6	1.83*	28.7	8.3
PROG	1.42 ns	13.1	7.5	1.79*	14.5	7.1
PV	1.32 ns	723.1	2.7	1.84 *	739.1	1.9
REN	12.48 **	4.5	6.4	2.75 **	5.6	14.1

En el Cuadro 2, se presenta la comparación de medias de la variable REN, en Soltepec donde se tuvo un rango de 2900 a 5500 kg ha^{-1} para las accesiones 104 y 134, respectivamente. Las accesiones con mayor rendimiento fueron 134, 150, 50, 56 y 7 con 5500, 5400, 5200, 5100 y 5100 kg ha^{-1}, respectivamente. En Las Pilas el REN tuvo un rango de 4136.1 a 6576.0 kg ha^{-1} para las accesiones 18 y 40, respectivamente. Las accesiones con mayor rendimiento fueron 155, 148, 150, 116, 24 y 128 con 7967, 6724, 6569, 6333 y 6230 kg ha^{-1}, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey (α= 0.05) de rendimiento de grano en dos localidades, Tlaxcala, 2023.

ACC	SOLTEPEC	LAS PILAS	ACC	SOLTEPEC	LAS PILAS	ACC	SOLTEPEC	LAS PILAS
7	5.1 abc	5.3 efghi	81	4.4 bcdegfh	5.7 cdefg	130	4.0 fgh	6.1 bcdef
24	4.6 abcdefg	6.2 bcde	91	3.9 gh	5.7 cdefg	134	5.5 a	5.3 efghi
34	4.7 abcdefg	4.9 ghi	98	4.1 efgh	4.9 ghi	139	3.9 gh	5.7 cdefgh
39	5.0 abdce	5.2 fghi	101	5.0 abcdef	5.2 fghi	141	4.3 bcdefgh	4.7 hi
43	4.4 bcdefgh	5.5 defgh	104	2.9 i	5.3 efghi	148	4.3 bcdefgh	6.7 b
50	5.2 ab	5.3 efghi	109	3.6 ih	5.0 ghi	150	5.4 a	6.6 bc
56	5.1 abcd	4.4 i	116	4.6 abcdefg	6.3 bcd	155	4.9 abcdef	8.0 a
76	4.2 cdefgh	5.6 defgh	122	4.2 defgh	5.6 cdefgh	-	-	-
79	4.8 abcdefg	5.2 fghi	128	4.2 efgh	6.1 bcdef	-	-	-
DSH	0.90	0.98		0.90	0.98		0.90	0.98

Conclusiones

La mayor producción de maíz amarillo se tuvo en Las Pilas, superando con 1.1 ton/ha que corresponde al 20% al rendimiento promedio obtenido en Soltepec a pesar del registro de la precipitación en cantidad similar. Las accesiones de maíz amarillo en esta localidad se tuvo el mayor rendimiento de grano con las accesiones 155,

148, 150, 116, 24 y 128 con 7967, 6724, 6569, 6333 y 6230 kg ha-1; en la Magdalena Soltepec fueron 134, 150, 50, 56 y 7 con 5500, 5400, 5200, 5100 y 5100 kg ha-1, respectivamente.

Referencias bibliográficas

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2023. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. Delegación Tlaxcala. consultado en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias.

Cruz-González, Alejandro, Ramón Arteaga-Ramírez, Ignacio Sánchez-Cohen, Jesús Soria-Ruiz, y Alejandro Ismael Monterroso-Rivas. 2024. «Impactos Del Cambio climático En: La producción de maíz en México». Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 15 (1). México, ME:e3327.

Haro, L. F. 2024. Lejos de la autosuficiencia de maíz. El Sol de México | Noticias, Deportes, Gossip, Columnas. https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/lejos-de-la-autosuficiencia-de-maiz-11759525.html.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto: “Fortalecimiento del programa de mejoramiento genético del cultivo de maíz para valles altos y zonas de transición”. Fuente financiera: INIFAP, recursos propios.

CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO POR SU RESISTENCIA A LA SEQUÍA TERMINAL

Rigoberto Zetina-Lezama[1], Oscar Hugo Tosquy-Valle[1*], José Luis Anaya-López[2], Marcos Ventura Vázquez-Hernández[1] y Lucas Alejandro Fadda[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, Medellín, Ver., México. C.P. 91700.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Carr. Celaya-San Miguel de Allende, km 6.5, Celaya, Gto., México. C.P. 38000.

*Autor para correspondencia: tosquy.oscar@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris, Líneas, Variedades, Estrés hídrico.*

Introducción

En la región tropical húmeda del sureste de México, la sequía terminal es el principal factor ambiental que reduce el rendimiento de frijol en las siembras que se establecen durante el ciclo otoño-invierno, cuya producción depende de las últimas lluvias del temporal y de la humedad residual almacenada en el suelo. Se ha observado que estos periodos de sequía terminal son más frecuentes y acentuados, debido al cambio climático (Chaves-Barrantes *et al*., 2018), lo que causa disminución significativa de los componentes de rendimiento: cantidad de vainas producidas por planta, número de semillas por vaina y peso de semilla, que consecuentemente se traduce en una baja producción de grano, y dependiendo del número de eventos que se presenten durante la fase reproductiva del cultivo, su duración y magnitud, pueden reducir en más de 60% el rendimiento de grano e incluso provocar la pérdida total de la cosecha (López *et al*., 2011). Para contribuir a solucionar esta problemática, en el Programa de Frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para el sureste de México, se dispone de variedades mejoradas y líneas avanzadas de frijol negro, algunas de las cuales fueron seleccionadas por su alto rendimiento y adaptación en las áreas tropicales y otras por su resistencia a roya [*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* (Pers.) Unger], antracnosis [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. and Magnus) Lams. Scrib.], mosaico común del frijol (BCMV) y mosaico amarillo dorado del frijol (BGYMV), enfermedades que comúnmente inciden en la región. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar este grupo de genotipos, para clasificarlos por su resistencia a la sequía terminal e identificar los que muestren mejor respuesta en el rendimiento de grano en condiciones de estrés por humedad y mayor eficiencia productiva, bajo condiciones de riego y sequía terminal, que la variedad de frijol Negro Jamapa de uso común en dicha región.

Materiales y métodos

Los genotipos se evaluaron a través de dos ensayos de campo, los cuales se condujeron durante el ciclo invierno-primavera de 2024, en un terreno ubicado en La Colonia Ejidal, Cotaxtla, Ver., México, el cual se localiza a 18° 54’ 53.39’’ LN y 96° 13’ 14.74’’ LO, a una altitud de 22 m. Uno de los ensayos se condujo con riego por gravedad durante todo el ciclo del cultivo; se aplicaron siete riegos con un intervalo de entre 11 y 15 días entre cada uno, de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo. La lámina de riego total aplicada fue de alrededor de 350 mm. En el otro ensayo sólo se aplicaron cuatro riegos, con una lámina de agua total de alrededor de 200 mm y se suspendió el riego a los 42 días después de la siembra, cuando la mayoría de los genotipos se encontraban al inicio de la etapa de floración. Diez líneas avanzadas generadas por el Programa Nacional de Frijol del INIFAP, la línea CIAT-103-25 proveniente del Centro Internacional de Agricultura Tropical de Cali, Colombia, junto con las variedades Verdín, Rubí, Rincón Grande y Negro Jamapa (esta última utilizada como testigo regional), se evaluaron a una densidad de 250,000 plantas ha^{-1}, en diseño experimental bloques al azar con tres repeticiones y parcelas de tres surcos de 5 m de longitud, separados a 0.80 m, donde la parcela útil correspondió al surco central. En ambos ensayos se cuantificaron los días a la madurez fisiológica de los genotipos contados a partir de la siembra hasta que en 50% de las plantas de cada uno de ellos, sus vainas cambiaron de color verde a amarillo y el rendimiento de grano que se estimó a partir del grano cosechado y limpio de cada parcela en kilogramos por hectárea ajustado al 14% de humedad. Se realizaron análisis de varianza de las variables cuantificadas por condición de humedad y para la separación de promedios se aplicó la prueba basada en la Diferencia Mínima Significativa (DMS, α = 0.05). El efecto de la sequía en el rendimiento promedio de cada

genotipo se estimó con el índice de susceptibilidad a la sequía (ISSi) y el índice de eficiencia relativa (IERi), propuestos por Fisher y Maurer (1978) y Graham (1984), respectivamente. El primero se calculó con la ecuación: ISSi = 1-(Yii/Yci)/IIS, donde Yii = promedio de rendimiento de cada genotipo con suspensión de riego al inicio de floración; Yci = promedio de rendimiento de cada genotipo con aplicación de riego durante el ciclo del cultivo; a su vez, el índice de intensidad a la sequía (IIS), se obtuvo mediante la ecuación: IIS= 1-(Yi/Yc), en la que Yi = promedio de rendimiento con suspensión de riego al inicio de floración y Yc = promedio de rendimiento con aplicación de riego durante todo el ciclo. Este índice está en función de la reducción del rendimiento por efecto de sequía; cuando es menor la disminución, es más bajo el ISS. Un valor de 1 indica una mediana susceptibilidad a la sequía; un valor mayor de 1 indica que el genotipo es susceptible y valores cercanos a cero señalan mayor resistencia a este factor ambiental (Fisher y Maurer, 1978). El IERi del rendimiento de cada genotipo se calculó mediante la ecuación: IERi = (Yii / Yi) (Yci / Yc), donde Yii = rendimiento del genotipo i con suspensión de riego al inicio de floración; Yi = rendimiento promedio con suspensión de riego al inicio de floración; Yci = rendimiento del genotipo i con riego durante el ciclo del cultivo y Yc = rendimiento promedio con riego durante el ciclo del cultivo. Este índice permite clasificar los genotipos con base en el rendimiento obtenido en ambas condiciones de humedad; valores de índices altos, indican una mayor eficiencia productiva de los genotipos (Graham, 1984).

Resultados y discusión

En ambos ensayos se detectó significancia estadística entre tratamientos ($P \leq 0.01$ o 0.05) en las dos variables cuantificadas, lo que indica que los genotipos difirieron en el tiempo en que ocurrió su madurez fisiológica, así como en su capacidad productiva, tanto en la condición de riego, como con sequía terminal.

Bajo las dos condiciones de humedad, la variedad Verdín fue la más precoz en llegar a la madurez, con un tiempo estadísticamente similar al de la variedad Rubí y al de las líneas Papaloapan/SEN 46-3-2 y Negro Citlali/XRAV-187-3-1-8 en la condición de riego completo y significativamente inferior al del resto de los genotipos en la condición de sequía terminal (Cuadro 1). La característica de precocidad de Verdín y de Rubí es muy deseable para evitar o minimizar los daños causados por la sequía terminal, ya que les permite a las plantas de frijol completar su ciclo en menor tiempo y escapar a los periodos de sequía que generalmente ocurren hacia el final de la fase reproductiva del cultivo (Acosta *et al*., 2004). Cabe mencionar, que, tanto en la condición de riego, como de sequía terminal, el número de días en que los genotipos alcanzaron la madurez fisiológica estuvo relacionado en forma negativa y significativa con el rendimiento de grano (r= -0.719** y -0.557*), es decir, que en general, los genotipos que mostraron un ciclo de madurez más tardío fueron los menos productivos, en comparación con aquellos que tuvieron un ciclo de maduración más temprana.

La mayoría de los genotipos que se ubicaron en el grupo sobresaliente de rendimiento de grano en la condición de riego, también lo hicieron con sequía terminal. De este grupo sobresaliente destacó la variedad Verdín, ya que fue la más productiva en ambas condiciones de humedad, seguido de las líneas CIAT-103-25 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, en tanto que, las líneas Papaloapan/SEN 46-7-12 y Papaloapan/SEN 46-7-7 fueron las menos rendidoras, tanto en la condición de riego, como de sequía terminal (Cuadro 1).

Cabe mencionar que, durante la conducción de ensayos no ocurrieron precipitaciones pluviales que modificaran la condición de sequía terminal. En este estudio se tuvo un índice de intensidad de sequía de 0.21, equivalente a una reducción promedio del rendimiento de 304.4 kg ha^{-1} por el estrés hídrico terminal.

Las líneas Papaloapan/SEN 46-7-10, CIAT-103-25, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, Papaloapan/SEN 46-2-6 y la variedad Rubí mostraron la mayor tolerancia a las condiciones de estrés hídrico terminal, ya que obtuvieron los valores de índice de susceptibilidad a sequía (ISS) más cercanos a cero; a su vez, las líneas Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-1, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6, Papaloapan/SEN 46-7-7 y la variedad Negro Jamapa fueron las más susceptibles, con valores de ISS superiores a 1.0 (Cuadro 1), que indican que presentaron los porcentajes de reducción de rendimiento más altos por la sequía terminal (Fisher y Maurer, 1978). Es importante señalar, que los genotipos con los ISS más bajos no necesariamente son los más productivos; tal como ocurrió en este estudio, en el que la línea Papaloapan/SEN 46-7-10, que presentó la mayor tolerancia a la sequía (ISSi de 0.45), no mostró un rendimiento de grano significativamente sobresaliente en la condición de sequía terminal (Cuadro 1).

Del grupo de genotipos que mostraron la mayor tolerancia a la sequía terminal, las líneas CIAT-103-25 y Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, junto con la variedad Verdín, obtuvieron los valores más altos de índice de eficiencia relativa (IER), que indican alto rendimiento de grano en ambas condiciones de humedad, mientras que, las líneas Papaloapan/SEN 46-7-12, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Papaloapan/SEN 46-7-10 fueron las de menor eficiencia productiva con valores de IER muy inferiores a 1.0 (Graham, 1984) (Cuadro 1). Lo deseable es disponer de genotipos que muestren baja reducción de rendimiento en condiciones de estrés hídrico terminal y alta eficiencia productiva, con riego y sequía terminal.

Cuadro 1. Efecto del estrés por sequía terminal en los días a madurez fisiológica y el rendimiento de grano de genotipos de frijol negro evaluados con riego durante el ciclo y con sequía terminal e índices de susceptibilidad a la sequía (ISSi) y de eficiencia relativa del rendimiento (IERi) estimados. La Colonia Ejidal, Cotaxtla, Ver., México. Ciclo de invierno-primavera de 2024.

Genotipo	Madurez fisiológica (d)		Rendimiento de grano (kg ha^{-1})		ISSi	IERi
	Riego	Sequía terminal	Riego	Sequía terminal		
Papaloapan/SEN 46-2-6	77.67cde	73.33ab	1480.00abc	1198.33ab	0.89	1.10
Papaloapan/SEN 46-3-2	74.67fgh	73.33ab	1581.67ab	1215.00ab	1.09	1.19
Papaloapan/SEN 46-7-7	82.33a	73.67a	1033.33de	768.33cd	1.20	0.49
Papaloapan/SEN 46-7-10	79.00bcd	72.67abcd	1106.67cde	1000.00bcd	0.45	0.69
Papaloapan/SEN 46-7-12	80.67ab	74.00a	838.33e	645.00d	1.08	0.34
Ngo Citlali/XRAV-187-3-1-5	75.67efg	73.33ab	1538.33ab	1211.67ab	1.00	1.16
Ngo Citlali/XRAV-187-3-1-6	76.00efg	73.67a	1486.67ab	1088.33abc	1.26	1.00
Ngo Citlali/XRAV-187-3-1-8	74.33fgh	70.00e	1570.00ab	1260.00ab	0.93	1.23
Rincón Grande	80.00abc	71.33cde	1430.00abc	1093.33abc	1.10	0.97
Jam Plus/XRAV-187-3-4-1	80.67ab	73.67a	1450.00abc	1040.00abcd	1.33	0.94
Jam Plus/XRAV-187-3-4-4	76.00efg	71.33cde	1601.67ab	1300.00ab	0.88	1.29
CIAT-103-25	79.33bc	73.00abc	1630.00ab	1343.33ab	0.83	1.36
Negro Jamapa (TR)	76.67def	71.00de	1380.00bcd	1020.00abcd	1.22	0.87
Verdín	72.33h	68.00f	1781.67a	1418.33a	0.96	1.57
Rubí	73.67gh	71.67bcde	1546.67ab	1286.67ab	0.79	1.23
Promedio§	77.27	72.27	1430.33a	1125.89b	1.00	1.02
DMS (0.05)	2.536	1.973	379.89	406.71		
Correlación (r) con RG‡	-0.719**	-0.557*				

§Promedio de la variable, con riego y con sequía terminal. ‡Coeficiente de correlación con rendimiento de grano. *Genotipos con letras diferentes en cada columna de las variables días a madurez fisiológica (MF) y rendimiento de grano (RG), son estadísticamente diferentes de acuerdo con la Diferencia Mínima Significativa (0.05).

Conclusiones

Papaloapan/SEN 46-7-10, CIAT-103-25, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4, Papaloapan/SEN 46-2-6 y Rubí fueron los genotipos más tolerantes a la sequía terminal, mientras que, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-1, Negro Citlali/XRAV-187-3-1-6, Papaloapan/SEN 46-7-7 y Negro Jamapa fueron los más susceptibles. CIAT-103-25, Jamapa Plus/XRAV-187-3-4-4 junto con Verdín, también mostraron la mayor eficiencia en el rendimiento bajo condiciones de riego completo y sequía terminal, muy superior a la de la variedad testigo, Negro Jamapa.

Referencias bibliográficas

Acosta, D. E.; Trejo, L. C.; Ruíz, P. L. M.; Padilla, R. J. S. y Acosta, G. J. A. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. Terra Latinoam. 22(1):49-58.

Chaves-Barrantes, N. F., Polanía, J. A., Muñoz-Perea, C. G., Rao, I. M. y Beebe, S. E. 2018. Caracterización fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. Agron. Mesoam. 29(1):1-17.

Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29:897-912.

Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Adv. Plant Nutr. 1:57-102.

López, S. E.; Tosquy, V. O. H.; Acosta, G. J. A.; Villar, S. B. and Ugalde, A. F. J. 2011. Drought resistance of tropical dry black bean lines and cultivars. Tropical and Subtropical Agroecosystems 14(2):749-755.

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE GENES RELACIONADOS A LA PATOGENICIDAD (PR) EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN RESPUESTA AL HUANGLONGBING

Humberto Estrella-Maldonado[1]*, Raúl Díaz-Martínez[2], Arianna Chan-León[2], Ricardo Santillán-Mendoza[1], Cristian Matilde-Hernández[1] y Felipe R. Flores-de la Rosa[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco, km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Veracruz, México.
[2]Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván, km 4.5 Carretera Cd. Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván C.P. 91667, Veracruz, México.
* Autor para correspondencia: estrella.humberto@inifap.gob.mx

Palabras clave*: Cítricos, Enfermedad vascular, Expresión génica, HLB, Injerto.*

Introducción

El limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) se exporta a diversos países del mundo debido a la alta calidad de los frutos cosechados; sin embargo, la producción y rentabilidad es amenazada por enfermedades causadas por bacterias, virus, hongos, micoplasmas y otros organismos similares. Entre estas enfermedades destaca el Huanglongbing (HLB), también conocido como enverdecimiento de los cítricos, considerado la enfermedad más destructiva para la industria citrícola debido a la velocidad de propagación en diferentes especies de cítricos. El HLB es causado por tres especies diferentes de *Candidatus* Liberibacter, siendo asiaticus (*C*Las) la más dispersa en plantas de cítricos en México. CLas es una bacteria gram negativa que reside en el floema de las plantas hospedantes y que se disemina por su vector *Diaphorina citri* Kuwayama (Kim *et al*., 2009). Por su parte, las plantas han desarrollado mecanismos de defensa ante depredadores y patógenos. En este contexto, las proteínas relacionadas a la patogenicidad (PRs), se producen tanto en respuesta a situaciones de estrés abiótico, como contra el ataque de patógenos, su regulación incluye una serie de respuestas moleculares que se activan como método de defensa en las plantas (Roychowdhury *et al.,* 2025).

Para comprender mejor la naturaleza de las respuestas inmunitarias inducidas por la infección por *C*Las, el objetivo del presente estudio fue identificar miembros de la familia PRs en el transcriptoma del limón persa y realizar un análisis de expresión de genes PRs en plantas de limón Persa infectadas con *C*Las, así como en plantas no infectadas.

Materiales y Métodos

Identificación de genes PR en el transcriptoma de limón persa. Se identificaron transcritos de tipo PR a partir de un análisis transcriptómico realizado en limón persa infectada naturalmente con *C*Las (Estrella-Maldonado *et al.,* 2023). Con base en su anotación funcional y BLAST, se descargaron las secuencias de genes PR de limón persa (ClPRs). Las secuencias redundantes fueron eliminadas dejando únicamente secuencias candidatas utilizando la base de datos Pfam (http://pfam.xfam.org/search/sequence).

Material vegetal. Se utilizaron plantas certificadas de limón persa de 2 años de edad injertadas sobre portainjertos Citrumelo Swingle y mantenidas en invernadero (35 ± 2°C, 65 ± 6% de humedad relativa y periodo de luz natural). Después de los primeros 20 días, las plantas se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos diferentes, en un diseño de bloques completamente al azar. El primer grupo consistió de plantas sanas de limón persa (no infectadas) y el segundo grupo consistió de plantas infectadas con *C*Las mediante injerto.

Cuantificación de *C*Las mediante qPCR. El ADN se extrajo del tejido foliar utilizando el kit de purificación de ADN vegetal (Norgen BIOTEK), siguiendo las instrucciones del fabricante. La cuantificación de *C*Las se realizó mediante qPCR utilizando los cebadores HLB-4G (5′AGTCGAGCGCGTATGCGAAT-3′) y HLBr (5′-GCGTTATCCCGTAGAAAAAGGTAG-3′), siguiendo el protocolo descrito por Bao *et al*. (2020). Los ensayos de qPCR se realizaron utilizando un termociclador QuantStudio™ 1 Real-Time PCR System (Applied Biosystems). Las plantas se consideraron positivas a *C*Las cuando el valor Ct (ciclo umbral) fue inferior a 34.

Aislamiento de ARN y Niveles de expresión génica mediante RT-qPCR. Se aisló ARN total de hojas de limón persa mediante el protocolo CTAB establecido por Estrella-Maldonado *et al*. (2023) y se trató con ADNasa I libre de ARNasa para eliminar la contaminación del ADN genómico. La concentración y pureza del ARN se midieron con un NanoDrop One® y la calidad se evaluó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5% durante 30 min

a 80 V. El ADNc se sintetizó con la enzima transcriptasa inversa M-MLV según las instrucciones del fabricante (Promega). La RT-qPCR se realizó en un termociclador con el sistema de PCR en tiempo real QuantStudio™ 1 (Applied Biosystems). El gen Actina se utilizó como gen de referencia para normalizar todos los datos (Mafra *et al*., 2012). El análisis de expresión se llevó a cabo utilizando tres réplicas biológicas y tres réplicas técnicas para cada réplica biológica. Los datos de niveles de expresión relativa de los genes ClPRs se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) ($p < 0,05$) y a prueba de Tukey utilizando el software Statgraphics Plus 5.1 (Statistical Graphics Corp., The Plains, VA, EE. UU.).

Resultados y discusión

En plantas no infectadas el valor Ct de *C*Las no fue detectado (negativas de HLB), mientras que en plantas infectadas mostraron un valor Ct de *C*Las cercano a 24 (positivas a HLB) (Figura 1a). Cabe mencionar que *C*Las fue detectado solamente en plantas infectadas a los 35 días después de iniciar la brotación de las yemas por injerto, asimismo, clorosis y muerte celular fueron observadas en hojas de las plantas infectadas con *C*Las.

Por otra parte, para comprender los posibles roles de los genes ClPRs durante la infección por *C*Las en limón persa, se realizaron análisis de expresión de genes ClPR1.6, ClPR1.7, ClPR3.5.4 y ClPR4.3 en plantas infectadas con *C*Las y en plantas sanas (no inoculadas) (Figura 1b). Los niveles de expresión indicaron que el gen ClPR1.6 exhibió una baja expresión en plantas no infectadas, sin embargo, su nivel de expresión aumentó en plantas infectadas por CLas. Por el contrario, los genes ClPR1.7 y ClPR3.5.4 mostraron bajos niveles de expresión en plantas sanas y decrecieron cuando las plantas estaban infectadas con CLas. El gen ClPR4.3 mostró un nivel de expresión alto en plantas no infectadas y aumentó considerablemente su nivel de expresión en las plantas infectadas con *C*Las (Figura 1b).

Los resultados confirman que el gen ClPR1.6, perteneciente al subgrupo PR1 participa en la resistencia a enfermedades y regula el crecimiento y desarrollo normal de las plantas, así como la respuesta a la inducción hormonal y al estrés abiótico (Su *et al*., 2024). Esta alta expresión de genes PR1 también se ha observado en diversas plantas de cítricos infectadas con *C*Las, como *Citrus reticulata, Citrus aurantifolia* y *Citrus sinensis* (Kim *et al*., 2009). Asimismo, el gen ClPR4.3 perteneciente al subgrupo PR4 están involucrados en la activación de las vías del Ácido Jasmónico (JA) importantes para aumentar el sistema inmunológico de las plantas a través de la resistencia sistémica adquirida (SAR) y la resistencia sistémica inducida (ISR), otorgando a la planta mecanismos y redes de señalización de defensa contra patógenos (Roychowdhury *et al*., 2025).

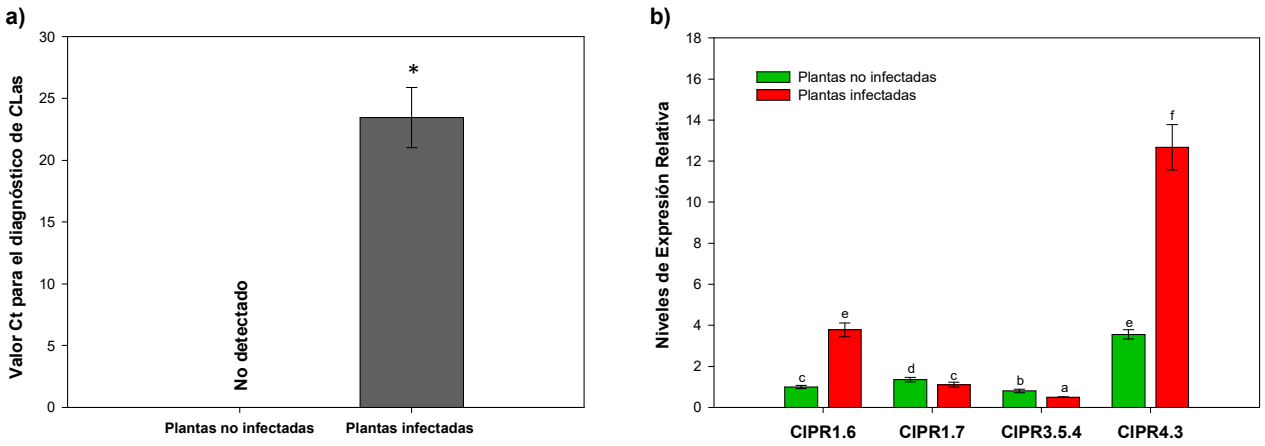


Figura 1. Cuantificación del valor Ct (ciclo umbral) de *C*Las en plantas de limón Persa no infectadas y plantas infectadas con CLas mediante inoculación de injerto (**a**). Niveles de expresión relativa de genes ClPRs de limón Persa en plantas no infectadas e infectadas con *C*Las.

Conclusiones

Se identificaron cuatro miembros de ClPRs a partir del transcriptoma de lima persa previamente estudiado en respuesta al HLB. En cuanto al análisis de la expresión en respuesta a la infección por *C*Las, los genes ClPR1.6 y ClPR4.3 mostraron una mayor expresión en hojas con síntomas de la enfermedad por HLB. La hipótesis sugiere que la infección por *C*Las es responsable del aumento de los niveles de expresión de los genes ClPR1.6 y ClPR4.3, los cuales podrían conferir al limón persa cierta tolerancia durante la infección por *C*Las. Sin embargo, se necesita más investigación para confirmar esta hipótesis.

Fuente Financiadora
El presente estudio fue financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI): "Fortalecimiento del equipo e infraestructura para el estudio y control de las principales enfermedades de cítricos para incidir en el bienestar social de la zona citrícola de Veracruz" (Número de Proyecto: 322068).

Referencias

Estrella-Maldonado H., C. González-Cruz, C. Matilde-Hernández, J. Adame-García, J.M. Santamaría, R. Santillán-Mendoza, F.R. Flores-de la Rosa. 2023. Insights into the Molecular Basis of Huanglongbing Tolerance *In* Persian Lime (*Citrus latifolia* Tan.) through a Transcriptomic Approach. Int. J. Mol. Sci. 24: 7497.
Mafra V., K.S. Kubo, M. Alves-Ferreira, M. Ribeiro-Alves, R.M. Stuart, L.P. Boava, C.M.Rodrigues, M.A. Machado. 2012. Reference genes for accurate transcript normalization in Citrus genotypes under different experimental conditions. PLOS ONE. 7 (2): e31263.
Kim J.S., U.S. Sagaram, J.K. Burns, J.L. Li, N. Wang. 2009. Response of sweet orange (*Citrus sinensis*) to *Candidatus* Liberibacter asiaticus infection: microscopy and microarray analyses. Phytopathology. 99,
Roychowdhury R., A. Hada, S. Biswas, S. Mishra, M.R. Prusty, S.P. Das, S. Ray, A. Kumar, U. Sarker. 2025. Jasmonic Acid (JA) in Plant Immune Response: Unravelling Complex Molecular Mechanisms and Networking of Defence Signalling Against Pathogens. J. Plant Growth Regul. 44: 89-114.
Su Z., C. Han, Q. Qiao, C. Li, H. Dong, X. Wang, K. Qi, Z. Xie, X. Huang, S. Zhang. 2024. Genome-wide analysis of the family 10 plant pathogenesis-related proteins in *Pyrus bretschneideri* and functional analysis of PbrMLP for *Colletotrichum* fructicola resistance. Hortic. Adv. 2 (21): 1-15.

ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE WOOD POCKET EN LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tan.) EN MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ

Humberto Estrella-Maldonado[1]*, Jesús Mora-Solís[2], Ricardo Santillán-Mendoza[1], Felipe R. Flores-de la Rosa[1], Cristian Matilde-Hernández[1] y María del Carmen Pablo-Mendoza[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CIR Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco, Km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Veracruz, México.
[2]Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Carretera Chalahuiyapa S/N, Tepoxteco, Huejutla de Reyes, Hidalgo, México
* Autor de correspondencia: estrella.humberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Altas temperaturas, Cambio climático, Estrés abiótico, Fisiopatía, Manchado sectorial.*

Introducción

El Wood Pocket (WP) es una fisiopatía de origen abiótico que puede afectar significativamente la calidad del fruto, y en casos severos, provocar la muerte del árbol. En los últimos años, esta alteración se ha diseminado rápidamente en la región citrícola de Martínez de la Torre, Veracruz, ocasionando una marcada disminución en el volumen y calidad de la producción de limón Persa. La falta de conocimiento sobre su dinámica de diseminación y los factores que la desencadenan dificulta el diseño de estrategias efectivas de manejo. El WP se potencia en climas cálido-seco con altas temperaturas, déficit hídrico, altas velocidades de infiltración del suelo y manejo inadecuado de riego (Ríos-Rojas *et al*., 2018). Los síntomas típicos de esta fisiopatía es el moteado del follaje del árbol, rajaduras en la madera y agrietamiento de la corteza del árbol con aspecto de bolsas, los frutos presentan un manchado sectorial, y finalmente se produce el decaimiento del árbol y su mortandad en un periodo corto (SADER, 2021). En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo identificar la incidencia de WP en regiones productoras de limón persa en Veracruz. Se espera que los resultados contribuyan a comprender su distribución espacial y su posible asociación con condiciones edafoclimáticas, aportando insumos clave para futuras investigaciones y estrategias de manejo regional.

Materiales y métodos

Para el mapeo de la incidencia de Wood Pocket en huertas productoras de limón persa, se realizó mediante el diseño de muestreo sistemático alineado y restrictivo a tres hileras por cada seis árboles, descartando las primeras tres hileras junto a caminos, senderos, zanjas, ríos, o cercos vivos. En total se mapearon 33 huertas productoras con una superficie de 1579.65 ha. La detección de árboles positivos a WP se realizó de forma visual tomando en cuenta los criterios establecidos por De la Osa y De la Osa (2005). Con base en datos binarios (presencia/ausencia), fueron contabilizados aquellas hojas y frutos que presentaban síntomas de WP, así como aquellas sin síntomas a WP. Aquellos arboles sin fruto también fueron contabilizados. De eta forma se generó una base de datos dinámica a la sumatoria de todos los árboles muestreados, para sus posteriores análisis. El análisis estadístico consideró el 40% del área de cada huerta. Se seleccionaron 20 árboles por hectárea como muestra representativa, de acuerdo con un análisis preliminar de tamaño muestral. Se realizaron análisis de varianza de una vía y pruebas *t* de Student para identificar diferencias significativas entre regiones citrícolas, considerando niveles de significancia de $p < 0.01$ y $p < 0.05$. Todos los análisis fueron realizados utilizando el software R. Adicionalmente, se emplearon dos métodos de estadística multivariada basados en las matrices binarias de cada huerta. Primero, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) para identificar las variables que explicaron la mayor variación de los datos. Posteriormente, se aplicó un análisis de conglomerados tipo UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Ambos análisis se ejecutaron con el software PAST v3.0.

Resultados y discusión

Los porcentajes de incidencia de WP por región citrícola indicaron que Atzalan, compuesta por seis huertas (H12–H17), presentó el mayor porcentaje de árboles con hojas asintomáticas (48%), siendo esta proporción significativamente mayor en comparación con las demás regiones. Por su parte, las regiones de Martínez de la Torre (11 huertas: H1–H11), Tlapacoyan (3 huertas: H28–H30) y Espinal (3 huertas: H31–H33) mostraron porcentajes similares de hojas sin síntomas de WP, entre el 35% y el 38%, sin diferencias estadísticas entre ellas.

En contraste, las regiones de Misantla (5 huertas: H18–H22) y la Costera (5 huertas: H23–H27) registraron los menores porcentajes de hojas asintomáticas, lo que sugiere una mayor incidencia de WP en estas dos zonas citrícolas (Figura 1a). Respecto a la incidencia de WP en frutos por región citrícola, Atzalan (H12–H17) y Espinal (H31–H33) presentaron un porcentaje significativamente mayor de frutos sin síntomas de WP (55–60%), en comparación con el resto de las regiones evaluadas. Las demás regiones no mostraron diferencias significativas entre sí, con porcentajes de frutos asintomáticos inferiores al 42%. Es importante señalar que en muchas de las huertas no se encontraron frutos al momento de la evaluación; estos árboles fueron incluidos en el análisis y clasificados como “árboles sin frutos” (Figura 1b).

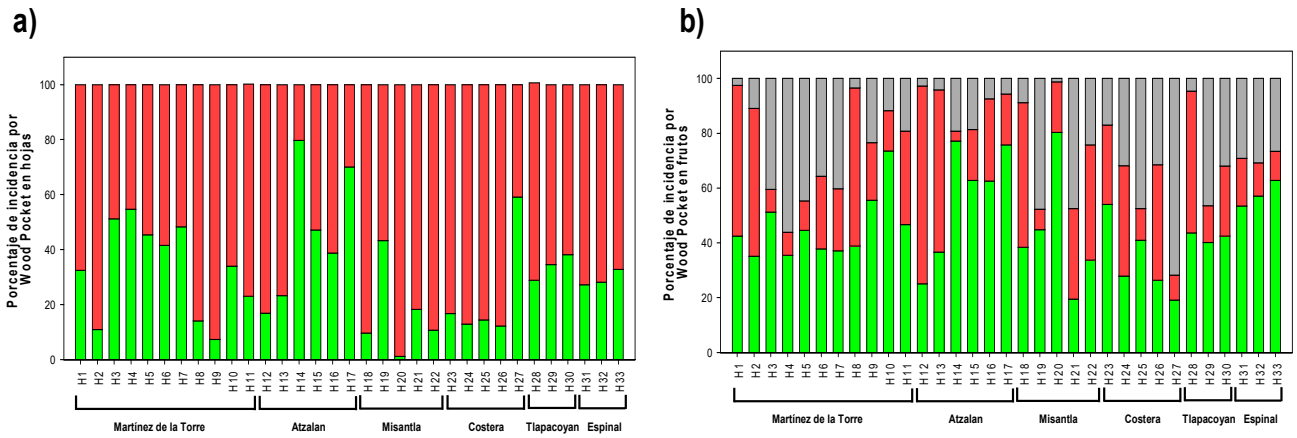


Figura 1. Porcentaje de incidencia por síntomas de Wood Pocket en hojas (a) y frutos (b) de limón persa en diferentes regiones citrícolas de Martínez de la Torre (Martínez de la Torre, Atzalan, Misantla, Costera, Tlapacoyan y Espinal). Barras verdes indica sin síntomas de Wood Pocket, barras rojas indica con síntomas a Wood Pocket, barras grises representan porcentaje de árboles sin frutos.

El análisis de PCA indicó que los dos primeros componentes explican el 85.3% de la variación total (60.86 en el primer componente y 24.45 en el segundo). De forma notable, las huertas de la región de Atzalan se agruparon por su baja incidencia a WP, mientras que algunas huertas de Martínez de la Torre, la huerta H18 (Misantla) y H12 de Atzalan, se asociaron con una alta incidencia de WP en hojas y frutos (Figura 2).

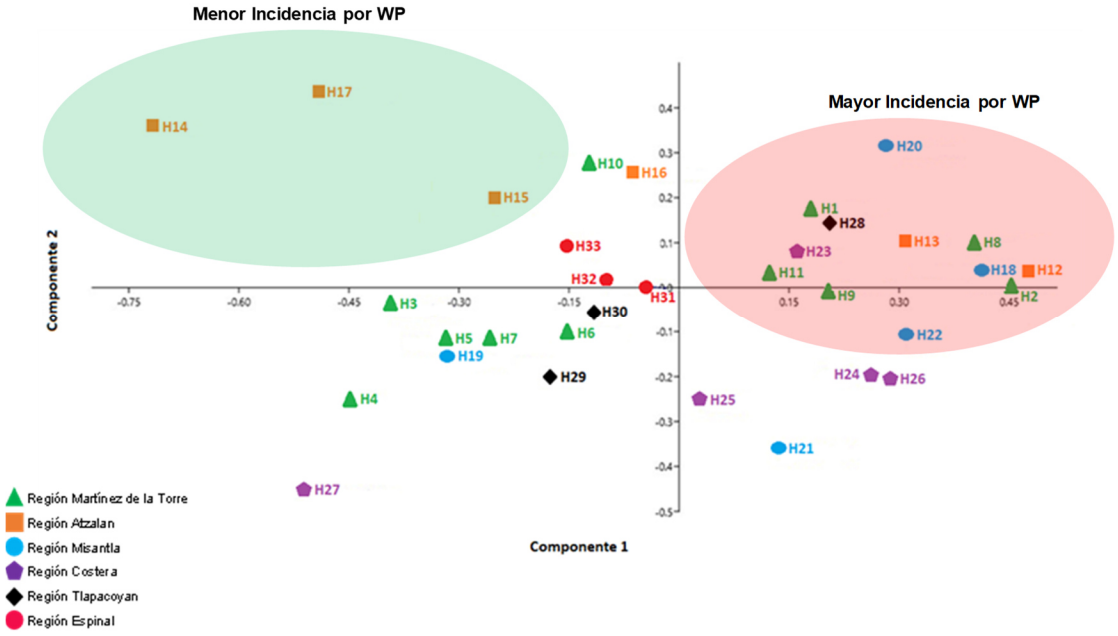


Figura 2. Análisis de componentes principales donde se describe la incidencia de los síntomas de Wood Pocket en hojas y frutos.

Conclusiones

El análisis de componente principales indicó que existen 4 huertas que presentan alta incidencia de WP en hojas y frutos (H2, H8, H12 y H18). Contrariamente, 2 huertas ubicadas en Atzalan (H14 y H17) se destacan por su baja incidencia a Wood Pocket en hojas y frutos. Este estudio constituye un primer esfuerzo sistemático por mapear la incidencia del desorden fisiológico WP en huertas productoras de limón persa representativas en el Veracruz. Los hallazgos evidencian variabilidad en la presencia de síntomas entre regiones y huertas, lo que sugiere una influencia significativa de las condiciones agroecológicas locales. La identificación de zonas con alta y baja incidencia representa un insumo valioso para orientar futuras investigaciones etiológicas y establecer líneas base para programas de manejo. La correlación de esta información con variables edafoclimáticas resulta prioritaria para avanzar en la comprensión de los factores que desencadenan esta fisiopatía emergente y mitigar su impacto sobre la productividad citrícola.

Referencias bibliográficas

De la Osa, G. F. J. y De la Osa B. F. M. 2005. Sistema de defensa contra el virus Tristeza de los cítricos (VTC). Curso, talleres y seminarios de capacitación a productores. Consejo Estatal Citrícola, A.C. Fundación Produce Veracruz (FUNPROVER). pp. 37.

Ríos-Rojas L., Correa J. F., Rojas-Marín C. A. and Dorado-Guerra D. Y. 2018. Edaphoclimatic characterization of the productive zone of Tahiti lime (Citrus latifolia Tanaka) in Tolima (Colombia) affected by a physiopathy. Corpoica Cienc Tenol Agropecuaria, Mosquera. 19 (3): 545-567.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2021. Plagas y enfermedades comunes del limón. Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/plagas-y-enfermedades-comunes-del-limon.

Fuente financiadora

El presente estudio fue financiado por el Consejo de Productores y Exportadores de Limón Persa, A.C. (COPELP), a través del proyecto: “Mapeo regional y caracterización genética de la fisiopatía denominada Wood Pocket en limón Persa de la región citrícola de Martínez de la Torre, Ver. y Huimanguillo, Tabasco.” (No. 13415836195).

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN SUELOS ÁCIDOS EN EL SUR DE VERACRUZ

Marcos Ventura Vázquez-Hernández[1*], Oscar Hugo Tosquy-Valle[1], Rigoberto Zetina-Lezama[1], María de los Ángeles Acevedo-Cortés[1], Sabel Barrón-Frayre[2] y María Dora Castillo-Rodríguez[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, C.P. 94270, Medellín, Ver., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carr. Huimanguillo-Cárdenas, C.P. 86400., Huimanguillo, Tabasco, México.
[3]Instituto Tecnológico de Zongolica, Extensión Tezonapa. Antiguo Recinto Ferial, Carretera a el Palmar s/n, C.P. 96999. Tezonapa, Ver., México.
*Autor para correspondencia: vazquez.marcos@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays*, Rendimiento, Acidez de suelo.

Introducción

La producción del cultivo del maíz se ve afectada por los suelos ácidos, causando pérdidas de rendimiento de hasta un 69%. La baja productividad del maíz en suelos ácidos se atribuye a la reducida capacidad de estos suelos para retener agua y nutrientes esenciales para la planta, principalmente fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Además, el bajo pH puede inducir toxicidad por aluminio (Al), manganeso (Mn) o hierro (Fe) (Tandzi *et al*., 2018). En Veracruz, gran parte de estos suelos se localizan en la región de los Llanos de Isla y Juan Rodríguez Clara, al sur de la entidad, donde se estima que aproximadamente 100,000 ha presentan una acidez extrema, con valores de pH en la capa arable que varían de 5.5 a 4.2, lo que limita significativamente el desarrollo y la producción del cultivo de maíz. Para incrementar la producción en este tipo de suelos es necesario desarrollar tecnologías específicas, entre ellas aquellas orientadas a modificar las condiciones edáficas para favorecer un crecimiento y desarrollo óptimo de los cultivos. Sin embargo, en muchos casos las prácticas agronómicas convencionales resultan insuficientes para lograr un aumento significativo en la productividad. La acidez del suelo puede corregirse de manera temporal mediante el encalado; no obstante, este procedimiento resulta costoso y actúa principalmente sobre los estratos superficiales (20–30 cm de profundidad). Además, las fuentes de cal suelen encontrarse a grandes distancias, lo que incrementa los costos de producción. Por ello, la generación e identificación de genotipos (híbridos o variedades) con capacidad de adaptación a las condiciones de acidez representa una alternativa más eficaz, duradera, ecológica y económicamente viable para mejorar la productividad del cultivo de maíz. Al respecto, Tandzi *et al*. (2018) citan diversos estudios orientados al desarrollo de variedades de maíz de alto rendimiento y tolerantes a suelos ácidos; sin embargo, señalan que, a pesar de los esfuerzos realizados, las pérdidas de rendimiento continúan siendo elevadas, debido a que un pH bajo del suelo suele estar asociado con otros factores de estrés, como el déficit hídrico y la baja fertilidad, lo que complica el proceso de selección de genotipos adaptados. En este contexto, la evaluación de genotipos de maíz mejorados constituye una estrategia fundamental para identificar materiales genéticos con tolerancia a la acidez del suelo y con potencial de rendimiento superior, lo que permitiría a los productores de estas regiones asegurar su abastecimiento para autoconsumo, generar excedentes para la comercialización y, en consecuencia, mejorar sus condiciones de vida. En este sentido, el propósito de este estudio fue determinar el comportamiento agronómico de 12 genotipos de maíz en suelos ácidos del sur de Veracruz.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano 2024 en terreno perteneciente al CBTA 85, localizado en el municipio de Juan Rodríguez Clara, Ver., (18° 00’ 31.72’’ N y longitud 95° 24’ 01.81’’ O) a una altitud de 128 m. El clima de la zona de estudio es cálido subhúmedo (AWo) con una temperatura anual de 24.5 ºC y precipitación media anual 1462 mm. El suelo está clasificado como un Cambisol dístrico, de textura migajón arenoso, fuertemente acido (pH=4.6) (Zetina-Lezama *et al.,* 2005). El material vegetal utilizado fueron 12 genotipos: cinco híbridos varietales (SINT 2B x V-540, SINT 3B x V-540, SINT 4B x V-540, SINT 5B x V-540, V-537C x V-540), tres híbridos liberados (H-518, H-520, V-537C) y cuatro progenitores (V-540, SINT 1A, SINT 2B, SINT 4B). Todos los materiales proceden del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP. La siembra se realizó el 14 de agosto de 2024, utilizando parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, con distancia de 0.80 m entre

surcos y 0.2 m entre plantas, con una densidad de plantación de 62500 plantas por hectárea. La parcela útil correspondió a los dos surcos centrales. Las variables evaluadas fueron: días a la floración masculina y femenina (número de días hasta que el 50% de las plantas presentaron antesis y estigmas receptivos de 2–3 cm de longitud); altura de planta (cm, medida desde la base hasta el inicio de la espiga) y altura de mazorca (cm, medida desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca más alta); sanidad y aspecto de planta (escala de 1 a 5); sanidad y aspecto de mazorca (escala de 1 a 5); y rendimiento de grano (kg/ha), ajustado a un contenido de humedad del 14%. Se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias DMS bajo un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones con un α=0.05.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas entre genotipos en las variables días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM) y rendimiento de grano (RG) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables cuantificadas en los ensayos de maíz conducidos en suelo ácido del sur de Veracruz.

F.V.	GL	FM	FF	AP	AM	DT	SP	AsP	SM	AsM	RG
Genotipo	11	2.66*	3.01*	216.5*	167.71*	2.07ns	0.27ns	0.19ns	0.15ns	0.10ns	554913.45*
Bloques	3	0.91	0.63	741.94	295.57	11.63	0.28	0.24	0.1	0.23	76908.71
Error	33	0.59	0.65	83.37	34.73	1.68	0.23	0.16	0.08	0.1	107454.74
Total	47										
C.V.		1.41	1.45	6.24	8.65	7.78	17.27	15.83	8.6	9.69	12.54

FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, DT: diámetro del tallo, SP: sanidad de planta, AsP: aspecto de planta, SM: sanidad de mazorca, AsM: aspecto de mazorca, RG: rendimiento de grano. *diferencias significativas al 0.05.

De acuerdo a la información presentada en el Cuadro 2, el genotipo más precoz en cuanto a la floración masculina y femenina fue V-537C x V-540, con valores promedio de 53.25 y 53.5 días, respectivamente. En contra parte, el tardío fue el H-518, con valores de 55.5 y 56.0 días. El V-537C también presentó precocidad en la floración masculina, mientras que el resto de los materiales no presentaron diferencias significativas en este tipo de floración.

Cuadro 2. Efecto del estrés por suelo ácido en los días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca y rendimiento de 12 genotipos de maíz evaluados en suelos ácidos del sur de Veracruz.

GENOTIPO	FM (días)		FF (días)		AP (cm)		AM (cm)		Rendimiento (kg/ha)	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
V-540	54bc	0.82	54.75abc	0.50	155.33a	23.88	80.00a	14.76	2823.38a-d	168.37
V-537C	53.25c	0.96	54.25bc	0.96	148.42a	8.70	67.25bcd	4.67	2264.05de	255.68
SINT 4B x V-540	54.25abc	0.50	54.75abc	0.50	147.67a	7.26	65.75bcd	4.04	2462.38b-e	307.76
SINT 2B x V-540	55.50a	0.58	55.50ab	0.58	152.5a	8.68	74.92ab	4.48	3326.53a	257.08
V-537C x V-540	53.25c	0.50	53.50c	1.00	149.67a	6.34	70.25abc	6.91	2547.9b-e	347.18
H-520	54.50abc	0.58	55.25ab	0.50	148.58a	9.12	63.5cd	1.29	2446.2b-e	313.79
H-518	55.50a	0.58	56.00a	0.82	143ab	8.04	59.42cd	9.83	2529.53b-e	216.49
SINT 4B	55.25ab	0.96	56.25a	0.96	126.75b	8.37	58.67d	6.00	2666.98bcd	796.21
SINT 3B x V-540	55ab	0.82	55.50ab	0.58	147.5a	14.46	67.84bcd	9.47	2938.25abc	198.33
SINT 1A	55.25ab	1.50	56.25a	1.50	139.67ab	5.60	67.34bcd	4.43	3030.1ab	142.27
SINT 2B	55.25ab	0.50	56.25a	0.50	146.83a	13.39	66.08bcd	7.48	1937.30e	180.37
SINT 5B x V-540	54.25abc	0.50	55.50ab	0.58	150.00a	14.39	76.58ab	7.38	2389.55cde	111.67
Promedio	54.60		55.31		146.33		68.13		2613.51	
DMS	1.49		1.55		17.65		11.39		633.55	

FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, RG: rendimiento de grano. *diferencias significativas al 0.05.

En la floración femenina también se encontraron otros genotipos con floración tardía, como son el Sint 4B, Sint 1a y Sint 2B. En la altura de planta y mazorca el Sint 4B registró los valores más bajos, 126.75 y 58.69 cm, respectivamente, mientras que los valores más altos se obtuvieron con la V-540, 155.3 y 80.00 cm. Con respecto

a la variable de rendimiento, el valor más alto, se obtuvo en el genotipo Sint 2B x V-540, con un rendimiento de 3326.53 kg/ha; no se encontraron diferencias significativas con los materiales Sint 1A, Sint 3B x V-540 y V-540. Por el contrario, el rendimiento más bajo, respecto a los mencionados anteriormente se obtuvo con al Sint 2B; sin diferencia con los genotipos V-537C, Sint 5B x V-540, H-520, Sint 4B x V-540, H-518 y V-537C x V-540.

De acuerdo con Nájera y Moreno (2004) la acidez de los suelos puede causar un retraso en la floración masculina y femenina, así como plantas con menor altura de planta y mazorca y una reducción significativa en el rendimiento del grano. Tandzi *et al.,* (2018) señalan que el rendimiento es la característica cuantitativa más importante que involucra múltiples efectos genéticos y mecanismos de tolerancia a pH bajos del suelo a nivel fisiológico, bioquímico y molecular. Al respecto, Fernández y Ramírez (2011) evaluaron los cambios de pH de la rizósfera y su influencia en la disponibilidad del fósforo en siete líneas de maíz desarrolladas en suelo ácido, observando que en los suelos sin encalar hubo cambios en el pH de la rizosfera por efecto de los exudados para solubilizar el fósforo., cambios que no fueron observados en los suelos encalados (roca fosfórica más superfosfato triple). Por otra parte, Ceballos *et al.,* (1994), evaluaron la tolerancia de poblaciones de maíz tropical a suelos ácidos y encontraron rendimientos bajos cuando usaban la calificación del vigor cuando el estrés por acidez era severo durante el desarrollo de la planta, ya que, en algunas familias, un mejor vigor se lograba a expensas de un rendimiento de grano nulo, por lo que la selección es mejor cuando se basa principalmente en el rendimiento, fecha de floración femenina y prolificidad.

Conclusiones

El genotipo con el mayor rendimiento en suelos ácidos de Veracruz (SINT 2B x V-540), seguidos de genotipo SINT 1A.

Referencias bibliográficas

Ceballos, H., S. Pandey, E.B. Knapp, y J.V. Duque. 1994. Tolerancia a suelos ácidos en poblaciones tropicales de maíz del CIMMYT. Agronomía Mesoamericana 5:96-103.1

Fernández, S.M, y R. Ramírez. 2011. Efecto del sistema radical de siete líneas de maíz en los cambios de pH de la rizosfera y su influencia en la disponibilidad del fósforo. Bioagro 13(1):3-9.

Nájera, G.C., y L.L. Moreno. 2004. Comportamiento de familias S_1 de maíz en distintos pH del suelo. Bragantia, Campinas 63(1):63-72.

Tandzi, L.N., C.S. Mutengwa, E.L.M. Ngonkeu., y V. Gracen. 2018. Breeding Maize for Tolerance to Acidic Soils: A Review. Agronomy 8(84):1-21.

Zetina-Lezama, R., A. Trinidad-Santos, J.L. Oropeza-Mota, V. Volke-Haller, y L.L. Landois-Palencia. 2005. Relación bases intercambiables – rendimiento de maíz en un cambisol dístrico con labranza, encalado y abono verde. Terra Latinoamericana 23(3):389-397.

CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ETILENO EN FRUTOS DE *Carica papaya* DURANTE SU MADURACIÓN POSTCOSECHA

Arianna Chan-León[1*], Humberto Estrella-Maldonado[2], Gabriela Fuentes-Ortíz[3] y Jorge M. Santamaría[4]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván, Km 4.5 Carretera Cd. Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván C.P. 91667, Veracruz, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). CIR Golfo Centro. Campo Experimental Ixtacuaco, Km 4.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, C.P. 93600, Veracruz, México.
[3]Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida 97205, Yucatán, México.
[4]Investigador Independiente, Jardines de Vista Alegre, Mérida 97138, Yucatán, Mexico
* Autor para correspondencia: arianna.cl@ugalvan.tecnm.mx

Palabras clave: *Calidad frutal, Genotipos silvestres, Madurez fisiológica*.

Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta climatérica que exhibe un aumento característico en la producción de etileno y la respiración durante la maduración. El etileno regula cambios en composición y estructura durante la maduración del fruto, como disminución del contenido de clorofila incremento de carotenoides liberación de volátiles e hidrólisis de pectinas y hemicelulosas (Urbano *et al*., 2004). El ablandamiento del fruto de papaya, derivado de la acción de hidrolasas inducidas por etileno, es un factor de calidad difícil de controlar durante postcosecha (Thumdee *et al*., 2007). Este ablandamiento progresa del endocarpio hacia la epidermis y la falta de uniformidad restringe su comercialización a corto plazo, por lo que generalmente el fruto se expone al gaseo con etileno exógeno para uniformar la maduración, aunque ello acorta su vida útil (Thumdee *et al.,* 2007).

En el presente trabajo fue determinar el efecto del etileno sobre la maduración postcosecha en diferentes genotipos de papaya. Para lograr tal objetivo, se cuantificó la tasa de producción de etileno en tres genotipos de *C. papaya* L. de color de pulpa contrastante durante la maduración postcosecha.

Material y Métodos

Material vegetal. Se recolectaron frutos de papaya de tres genotipos de color de pulpa contrastante en diferentes áreas geográficas de Mérida, Yucatán, (Chan-León *et al*., 2017). Los genotipos de papaya corresponden a la variedad Maradol Mulata (genotipo comercial) y 2 genotipos silvestres (KT y CY). Se seleccionaron frutos con indicios de madurez fisiológica, los cuales fueron desinfectados en solución de Benlate 2.5 g/L. Los frutos se dejaron madurar en cuarto de postcosecha para los subsecuentes análisis.

Cuantificación de etileno. Se seleccionaron tres frutos por genotipo y cada fruto se colocó en un recipiente hermético de acrílico con septa adaptada en la parte superior. Cada 24 h se colocaban los frutos en estos recipientes y se dejaron por un periodo de 2 h como reporta Santamaría-Basulto *et al*. (2009). Se extrajo 1 mL de gas de la atmosfera interior de la caja, la cual se inyectó a un cromatógrafo de gases Agilent 7890A (Santa Clara, CA, USA) equipado con detector de ionización de flama (FID). Una columna capilar GS-Q 30 m x 0.53 mm (J&W Scientific). Las condiciones de temperatura para cada corrida fueron: 120°C para el inyector, una temperatura isotérmica constante de 80°C para la columna y 210°C para el detector FID, se utilizó como gas acarreador nitrógeno con un flujo de 0.50 mL/s. El tipo de inyección fue Split-less (sin división). Cada muestra se realizó por triplicado. Las concentraciones de etileno se calcularon a partir del área bajo la curva del cromatograma obtenido utilizando como estándar etileno en forma gaseosa con una pureza de 99.9% a una concentración de 50 ppm.

Resultados y Discusión

Basado en el tiempo de retención de etileno durante la maduración de los frutos de papaya, nuestros resultados indicaron que se detectó a los 5.9 min. Este tiempo de retención no varió durante la maduración de los frutos a los 10 días de evaluación del etileno (Figura 1a). Durante las primeras etapas de maduración postcosecha, los frutos presentaron baja producción de etileno, sin embargo, conforme los frutos empezaron a madurar se observó una alta producción de etileno. Interesantemente, el pico de etileno fue observado a los 6 días de maduración postcosecha en los frutos de los 3 genotipos de papaya (Figura 1b). Este cambio de producción de etileno que

aumenta naturalmente durante el proceso de maduración, desencadena una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos que afectan la textura, color y sabor de los frutos.
En estos frutos climatéricos de *Carica papaya* se ha observado que existe un aumento catalítico en la producción de etileno que implica un aumento inicial en su producción y posteriormente un aumento gradual conforme la fruta madura (Santamaría *et al*., 2009). De igual manera estudios realizados por Watkins (2012) han demostrado que un aumento de expresión de genes *ACCo1* y *ACCo2*, y el aumento de la actividad de estas dos enzimas son las responsables de inducir y contribuir en el aumento de la tasa de producción de etileno. Por lo anterior, es importante seguir evaluado a futuro los genes *ACCo1* y *ACCo2* en papaya y su influencia con la producción de etileno en esta especie.

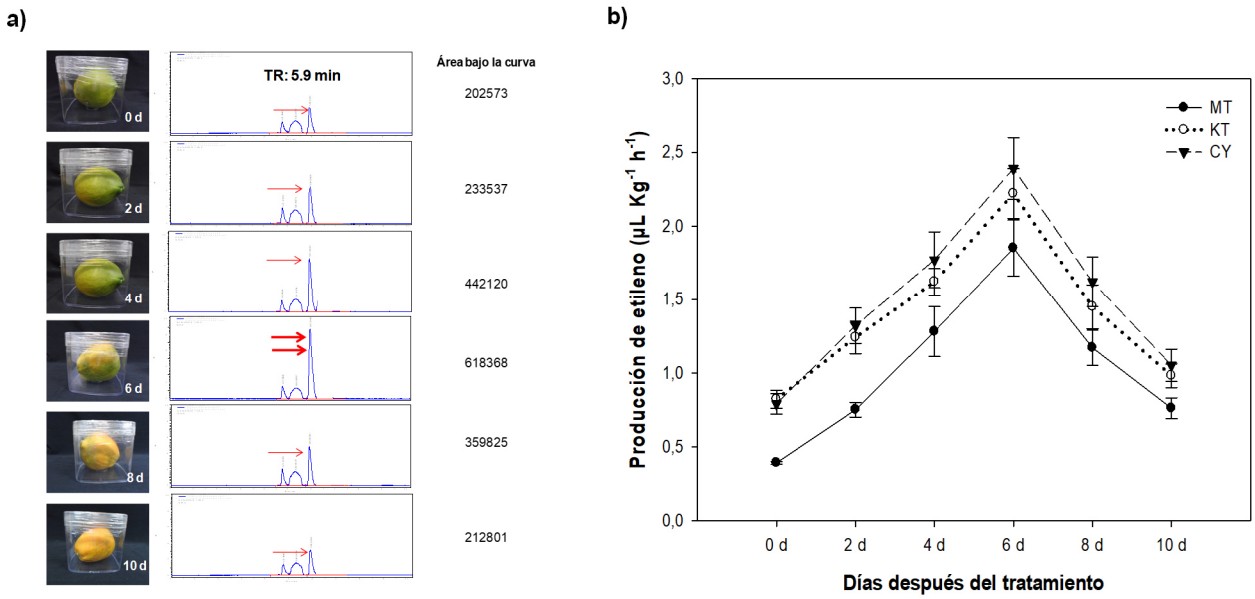


Figura 1. Identificación del pico de tiempo de retención (TR) del etileno en frutos de papaya durante se maduración postcosecha (a). Resultados de concentración de etileno mediante cromatografía de gases en tres genotipos (Mulata, KT y CY) de color de pulpa contrastante de *C. papaya* L. (b).

Conclusiones

Los frutos de diferentes genotipos de papaya mostraron un incremento en la producción de etileno durante su maduración postcosecha. Todos los frutos mostraron un pico de etileno al día seis durante su maduración postcosecha. Asimismo, el genotipo comercial (MT) mostró el mayor contenido de etileno en comparación a los frutos silvestres. Los resultados presentados servirán de base para comprender como esta hormona vegetal acelera la maduración en frutos de papaya y cómo repercute en los cambios en la textura, color, sabor y aroma, además de influir en la senescencia de la fruta.

Referencias bibliográficas

Chan-León A.C., H. Estrella-Maldonado, P. Dubé, G.O. Fuentes, F. Espadas-Gil, M.C. Talavera, J.P. Ramírez, Y. Desjardins, J.M. Santamaría. 2017. The high content of β-carotene present in orange-pulp fruits of *Carica papaya* L. is not correlated with a high expression of the CpLCY-β2 gene. Food Research International 2: 45-56.
Santamaría-Basulto F., E. Suri-Duch, F. Espadas-Gil, R. Díaz-Plaza, A. Larqué-Saavedra, J. Santamaría 2009. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. Interciencia 34: 583-588.
Thumdee S., A. Manenoi, R.E. Paull. 2007. Activity of papaya fruit hydrolases during natural softening and modified softening. Acta Horticulturae 740: 317-322.
Urbano B.I., R. Vasconcelos, M. Azzolini, A.P. Jacomino, E. Caruso. 2004. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of 'Golden' papaya fruit. Postharvest Biology and Technology 33: 163-173.
Watkins C.B., J.F. Nock. 2012. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. Postharvest Biology and Technology 69: 24-31.

DESEMPEÑO AGROINDUSTRIAL DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN EL ESTADO DE COLIMA

Jeovani Francisco Cervantes-Preciado[1]*, Paulo Alejandro Alcaraz-Tapia[2], Maurilio Mendoza-Mexicano[3] y Altagracia Reyes-Castillo[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Tecomán, CIRPAC. km. 34 Carretera Colima - Manzanillo, Entronque Puerta de Caleras, C.P. 28130, Tecomán, Colima, México.
[2]Ingenio Quesería S.A. de C.V. Grupo Beta San Miguel, Juan M. Cárdenas # 1, Colonia Centro, C.P. 28510, Quesería, Colima México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Carretera Federal Veracruz-Córdoba km. 34, 91700, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: cervantes.jeovani@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Agrícola, Sacarosa, Rendimiento, Variedades.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se cultivada en más de 100 países en el mundo, en donde están establecidas más de 24 millones de hectáreas y se producen aproximadamente 180.4 millones de toneladas métricas de azúcar. En México es uno de los cultivos más importante desde el punto de vista económico y social, puesto que genera más 2 . 2 millones de empleos en forma directa y aproximadamente 500 mil empleos de forma indirecta. Este cultivo se encuentra establecido en 15 entidades federativas del país. La producción nacional de azúcar para la zafra 2023 – 2024 fue de 4 millones 703 mil 547 toneladas, quedando 520 mil 700 toneladas por abajo del ciclo 2022/2023 (-9.97%). La producción de caña molida bruta, por su parte, culminó en 46 millones 93 mil 267 toneladas, 1 millón 470 mil 563 toneladas menor al ciclo previo. Así mismo, se industrializaron 743 mil 119 hectáreas, con un rendimiento en campo de 62.027 toneladas de caña por hectárea. Siendo Veracruz el principal productor de esta gramínea, con una producción aproximada de 20 millones de toneladas de caña y un rendimiento promedio de campo de 61.78 t/ha. El Ingenio Quesería en el estado de Colima alcanzó una producción de 952,613 toneladas de caña de azúcar, un rendimiento de campo de 62.24 t/ha y 11.84% de rendimiento de fábrica (UNCAC, 2024). En México, se cultivan principalmente tres variedades de caña de azúcar (CP 72-2086, Mex 69-290 y Mex 79-431), las cuales suman el 65% de la producción total, sin embargo, estos híbridos rebasan 30 años de uso comercial, por lo cual, presentan mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, poca adaptación a los cambios climáticos y edáficos, tendencia a la baja productividad y como consecuencia disminución de la rentabilidad del cultivo, por lo tanto, la obtención de nuevas variedades se vuelve en una de las principales prioridades de productores e industriales de este cultivo. Por lo antes expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la adaptación y comportamiento agroindustrial nuevos híbridos de caña de azúcar en el estado de Colima.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en un Campo Experimental del Ingenio Quesería, el cual se encuentra ubicado en la localidad de Lo de Villa, en el municipio de Colima, Colima. La parcela se ubica en las coordenadas 19°14´22” LN y 103°46´39´´ LO a 442 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las condiciones edafoclimáticas del sitio son: tipo de suelo ligeramente alcalino con pH 7.4, el cual presenta exceso de fósforo. El clima es semiseco y muy cálido, la temperatura media anual es de 26°C y precipitación pluvial anual aproximada de 500 a 600 mm. La parcela experimental se condujo bajo riego rodado. La evaluación se realizó en fase agroindustrial ciclo planta, con un grupo de seis nuevos híbridos de caña de azúcar procedentes de Campos Experimentales Regionales (CERs) del CIDCA. A.C; como testigo comercial se utilizó la variedad CP 72-2086 (Cuadro 1). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con cuatro repeticiones. La unidad o parcela experimental, fue de seis surcos de 12 m de longitud por 1.40 m de ancho. La parcela útil fue de cuatro surcos de 12 m de longitud. Las variables evaluadas fueron: estimación de rendimiento en campo a los 13 meses de edad de la planta y porcentaje de sacarosa de los 11 a los 13 meses de edad de la planta. A los valores de estimación de rendimiento se les

realizó un ANOVA mediante el programa SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Relación de nuevos híbridos de caña de azúcar en evaluación en la localidad de Lo de Villa, Colima, dentro del área de abasto del Ingenio Quesería S.A. de C.V.

Híbrido	Origen	Estado	Híbrido	Origen	Estado
E Mex 02-225	CER El Estribo	Tamaulipas	Mex 05-10	CER Tecomán	Colima
Mex 02-05	CER El Estribo	Tamaulipas	Mex 05-19	CER Tecomán	Colima
Mex 07-2219	CER El Estribo	Tamaulipas	Mex 05-41	CER Tecomán	Colima
CP 72-2086	Testigo	EUA			

Resultados y discusión

Estimación de rendimiento de campo. El Análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencia significativa en la variable estimación de rendimiento en los híbridos evaluados. El dato del Coeficiente de Variación (CV= 6.20%), nos indica que los datos del ensayo son confiables. La agrupación de medias por la prueba de Tukey ($p < 0.05$), muestra en la Figura 1 que se formaron cuatro grupos, con una diferencia Mínima Significativa (DMS) de 16.79 toneladas, destacando para esta variable al híbrido Mex 02-05 con un valor de 137.5 t/ha, siendo estadísticamente igual al testigo comercial CP 72-2086, quien alcanzó un valor de 127.9 t/ha. Igualmente, los híbridos Mex 05-41 y Mex 05-10, son estadísticamente iguales a los antes mencionados, por lo cual pueden considerar promisorios para la zona de evaluación. El resto de los híbridos son estadísticamente inferiores, sin embargo, cabe mencionar que, el total de los materiales alcanzaron valores por encima de las 100 t/ha. A pesar de no existir diferencia estadística entre el mejor híbrido y el testigo comercial, económicamente existe beneficio para los productores, debido al precio de la tonelada de caña de azúcar en el país (aproximadamente $1200.00), es decir, con el híbrido Mex 02-05, el productor cañero podría llegar a obtener hasta $12000.00 más por hectárea en relación con utilizar el testigo comercial CP-72-2086. Cervantes *et al*. (2017), reportaron qué, para la obtención de buenos resultados en el rendimiento de campo en la evaluación de nuevas variedades, además del híbrido, participan variables de clima y suelo que tienen una influencia marcada en su comportamiento.

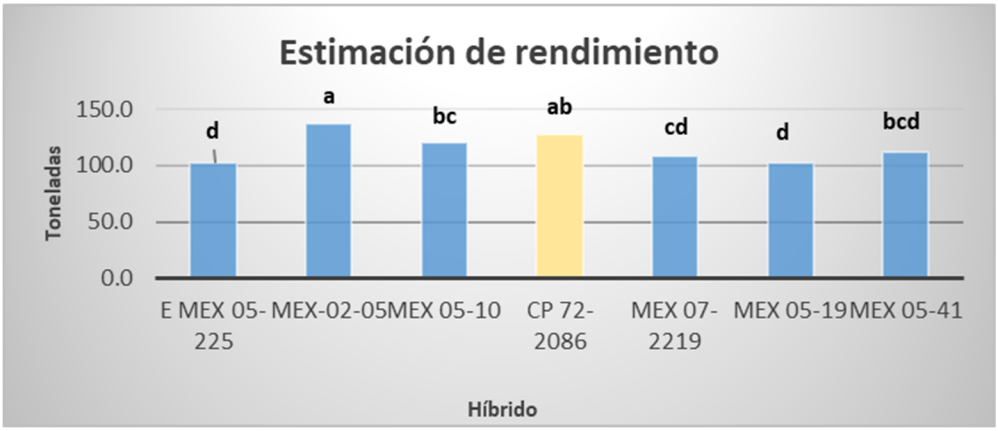


Figura 1. Comparación de medias para rendimiento de campo por la prueba de Tukey ($p<0.05$) en ensayo de nuevos híbridos de caña de azúcar en la localidad de Lo de Villa, Colima.

Porcentaje de sacarosa en caña de azúcar. Es una variable que impacta directamente con el precio de la tonelada de caña de azúcar, es decir, entre mayor sea el porcentaje de sacarosa en caña, mayor será el precio por tonelada. En la figura 2, podemos observar el comportamiento de los híbridos en evaluación, donde destacan Mex 02-05 y CP 72-2086 con valores de 15.13 y 15.01% respectivamente, comportándose como híbridos de madurez temprana. Sin embargo, al igual que los híbridos antes mencionados, Mex 07-2219, y EMex 05-225 alcanzaron valores por encima de 14.5% de sacarosa, lo cual, se consideran híbridos con buen comportamiento para esta variable. El resto de los híbridos mostraron valores por debajo de los antes mencionados. Así mismo, el único híbrido que mostro valores de sacarosa por debajo del 14%, fue Mex 05-41 (13.56%), comportándose como un híbrido de madurez tardía para esta zona. Aunque en este documento solo se presenta porcentaje de sacarosa; de acuerdo con García *et al.,* (2017), la sacarosa (Pol), los °Brix y la pureza del jugo muestran una

asociación, es decir, cuando una de estas variables aumenta, también se observa un incremento en los valores de las otras, indicando una correlación positiva entre ellas.

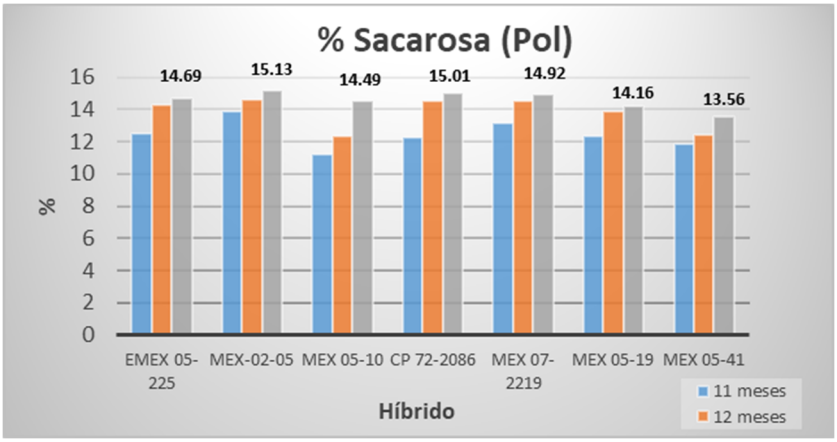


Figura 2. Análisis industrial (Pol) de los 11 – 13 meses de edad de la planta de nuevos híbridos de caña de azúcar, Fase Agroindustrial en la localidad de Lo de Villa, Colima.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de híbridos de caña de azúcar en el estado de Colima y durante el ciclo planta, podemos mencionar que, Mex 02-05 fue el único híbrido que sus valores de rendimiento de campo (137.5 t/ha) y% de sacarosa (Pol) 15.13%, superaron al testigo comercial CP 72-2086 (127.9 t/ha y 15.01%), comportándose como ciclo de madurez temprana. Los híbridos Mex 05-10 y Mex 05-41, presentaron rendimientos de campo promisorios similares a la variedad comercial CP-72 2086, es necesario continuar con otras evaluaciones en las diferentes zonas productoras de caña de Colima. Es importante seguir evaluando el ensayo de nuevos híbridos de caña de azúcar en el estado Colima por lo menos dos años más (soca y resoca), con el objetivo de corroborar la información agroindustrial. Así mismo, esperar que no se presenten cuestiones fitosanitarias en algún híbrido en evaluación.

Referencias bibliográficas

Cervantes, P. J. F., N. Milanés R. y J. C. García P. 2017. Evaluación de rendimiento de campo de 11 nuevos híbridos de caña de azúcar en la región central del estado de Veracruz. p. 113-118. *In*: Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático 2017. INIFAP. Medellín, Ver., México.

García P.J.C., C. Álvarez M., M. Guzmán M. y P.J. Cervantes F. 2017. Evaluación de variables de calidad en híbridos de *Saccharum* spp. en diferentes ambientes agroecológicos en Jalisco, México. Agroproductividad 12 (3): 69-74.

DIFERENCIAS DE PRODUCTIVIDAD ENTRE SORGOS FORRAJEROS, ETANOLEROS Y SÚPER-SORGOS EN GUANAJUATO

Miguel Hernández Martínez*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, km 6.5 carretera Celaya-S.M. de Allende, C.P. 38010, Celaya, Guanajuato
*Autor para correspondencia: inifapmiguel@gmail.com

Palabras clave: *Volumen de jugo, Contenido de azúcar, Calidad de forraje*.

Introducción

En México, la superficie dedicada al cultivo de sorgo anualmente es de 2 millones de hectáreas, con un volumen de 6.5 millones de toneladas anuales. El rendimiento de grano de los últimos cinco años varió entre 3.7 y 3.9 t/ha. El 28% de la superficie se cultiva en la modalidad riego, de la cual se obtiene el 49% del volumen total. Así mismo, el 53% de la superficie se cultiva en el ciclo primavera-verano y el resto en el otoño-invierno. La región de El Bajío aporta aproximadamente el 16% de la producción nacional. En el Bajío de México predominan los suelos tipo Vertisol (del latín *vertere*; invertir), son suelos de más de 50 cm de profundidad, contienen más de 30% de arcillas, y se mezclan constantemente por procesos de expansión y contracción, dando como resultado grietas profundas en la estación seca, caras de deslizamiento y agregados en forma de cuña (Soil Survey Staff, 2014). El manejo del suelo en el Bajío, la quema del esquilmo, ha ocasionado un severo deterioro de la fertilidad de los suelos (Ongley, 1997; Grageda *et al*., 2004). Las alternativas que pudieran ser más rentables por su alta productividad de biomasa, son la siembra de súper-sorgos, o bien la siembra de sorgos para producir etanol (sorgos etanoleros) o bien ante el déficit de forraje en el estado serían los sorgos forrajeros, sin embargo, es necesario comparar las bondades de cada grupo de sorgos. El objetivo del estudio fue determinar y comparar la producción de biomasa verde y seca, calidad nutritiva del forraje, volumen de jugo y contenido de azúcar (grados brix), entre diferentes grupos de sorgo: forrajeros, etanoleros y súper-sorgos en el estado de Guanajuato.

Materiales y métodos

El experimento se estableció bajo condiciones de riego en la parcela número 24 del Campo Experimental Bajío, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, situada a 20º 32’ 05” Latitud Norte y 100º 48’ 49” Longitud Oeste, a 1750 m de altitud, durante la temporada verano-otoño de 2018.

Los tratamientos consistieron en 12 cultivares de sorgo, de los cuales los sorgos forrajeros (SF) fueron Silo Máster, Silo Miel, Silage King (testigo); los sorgos etanoleros (SE) fueron ET-V1, ET-2, ET-V3, ET-V4, ET-V5 y RB-Cañero (testigo), y los Súper-sorgos (SS) fueron SS-02, SS-09 y SS-35. Las unidades experimentales consistieron en 4 surcos de 5 m de longitud, como parcela útil un surco central. El diseño experimental fue bloques completos al azar, la siembra se realizó manualmente con depósito continuo de semilla (chorrillo), la distancia entre surcos fue de 0.76 m.

La fertilización se realizó con base a la fórmula 180-40-00, de ésta se aplicó a la siembra 90-40-00, y el resto del nitrógeno a los 35 días después de la siembra. El número de riegos que se programaron fueron cuatro con calendario 0-35-75-110 días. Para el control de maleza se aplicó en premergencia Gesaprim combi (atrazina con terbutrina) 2.0 L ha^{-1}. A los 45 días se presentó la plaga de pulgón amarillo del sorgo, la cual se controló aplicando el insecticida Toretto (sulfoxaflor) en dosis de 50 mL ha^{-1}.

Se registraron las variables: días a floración (DF) de los cultivares de sorgo, altura de planta (AP) en m, peso de biomasa verde (PBV) y seca (PBS) en el surco central, lo cual se realizó a los 15 días posteriores a la antesis. Para la variable volumen de jugo (VJ), se extrajo con una máquina prensadora el jugo de todas las plantas de sorgo en un m lineal por repetición y se midieron los grados brix (GB), Para la calidad forrajera se realizó el análisis bromatológico en el laboratorio.

El modelo lineal aditivo para el diseño en Bloques Completos al Azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizó análisis de varianza empleando el Paquete Estadístico SAS (SAS, 1985). Para comparar los grupos de sorgo (SS, SF y SE) se seleccionaron los tres mejores de cada grupo y se realizaron comparaciones ortogonales y la prueba Tukey al 5%, para la separación de medias entre tratamientos.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los genotipos de sorgo evaluados, lo que indica que existieron diferencias en la cantidad de producción de biomasa verde, días a floración, altura de planta, rendimiento de materia seca, materia seca, volumen de jugo y grados brix.

En el Cuadro 1 se muestra la separación de medias entre los tres grupos de sorgo para las variables rendimiento de biomasa verde, días a floración, altura de planta y rendimiento de biomasa o materia seca. Para el rendimiento de biomasa verde destaca que los SS fueron superiores con 93.24 t/ha, seguidos por los SF (81.55 t/ha), pero ambos fueron superiores a los SE con 69.24 t/ha. Para la variable materia seca los SS fueron superiores estadísticamente a los demás grupos, con 20.89 t/ha), siendo comparativamente iguales los SF y SE con 16.97 y 16.21 t/ha, respectivamente. Similares resultados fueron publicados por Bolaños *et al.* (2012), quienes obtuvieron 17.1, 16.1 y 13.8 t/ha) de biomasa seca en los sorgos forrajeros Sweet Virginia, Big Kahuna y Sucro-Sorgo, bajo condiciones de trópico húmedo, respectivamente.

Cuadro 1. Separación de medias entre grupos de sorgo para Rendimiento de Biomasa Verde (RBV) y Seca (RBS), Días a Floración (DF) y Altura de Planta (AP).

Grupos de sorgo	RBV (t/ha)	DF	AP m	RBS (t/ha)
Súper-sorgos	93.24 a	82 b	3.12 a	20.89 a
Sorgos forrajeros	81.55 b	79 c	2.38 c	16.97 b
Sorgos etanoleros	69.24 c	85 a	2.52 b	16.21 b

Medias con igual letra son estadísticamente iguales (P=0.05%).

En el Cuadro 2 se muestra que los SE fueron superiores en producción de volumen de jugo y alto contenido de azúcar (grados brix), seguidos los SF y los SS respectivamente. Lo anterior confirma la vocación de generar dichos sorgos para producir bioetanol. Respecto al peso de bagazo se confirma que los súper-sorgos fueron superiores, por su alta productividad de biomasa verde y biomasa seca.

Cuadro 2. Separación de medias entre grupos de sorgo para Volumen de Jugo (VJ), Grados Brix (GB), Peso de Gabazo (PG) y Número de Plantas Cosechadas (NPC).

Grupos de sorgo	VJ (L/ha)	GB	PG (t/ha)	NPC
Súper-sorgos	14,129 c	13.2 c	78.0 a	259,020 a
Sorgos forrajeros	15,277 b	14.5 b	65.9 b	256,990 a
Sorgos etanoleros	24,002 a	16.8 a	45.9 c	254,845 a

Medias con igual letra son estadísticamente iguales (P=0.05%).

En calidad del forraje, el análisis bromatológico indicó que los sorgos forrajeros fueron superiores a los etanoleros y éstos superaron a los súper-sorgos.

Conclusiones

Los súper-sorgos producen mayor biomasa verde y materia seca que los sorgos forrajeros, seguido de los sorgos para producción de etanol. Para la calidad de forraje el análisis bromatológico mostró que los sorgos forrajeros fueron superiores a los sorgos etanoleros y éstos a los súper-sorgos. Respecto al volumen de jugo y contenido de grados brix, los sorgos etanoleros superaron en ambas variables a los sorgos forrajeros y éstos a los súper-sorgos.

Referencias bibliográficas

Bolaños, A. E., Claude, E. J. y Guillaume, A. 2012. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(2):441-449.

Grageda, C. O. A., Medina, C. T., Aguilar, A. J. L., Hernández, M. M., Solís, M. E., Aguado, S. G. A. y Peña, C. J. J. 2004. Pérdidas de nitrógeno por emisión de N_2 y N_2O en diferentes sistemas de manejo y con tres fuentes nitrogenadas. Agrociencia 38:625-633.

Ongley, E. D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio de la FAO riego y drenaje núm. 55. 115 pp.

SAS Institute Inc. 1985. SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 9 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 378 p.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to soil taxonomy. 12th ed. US Department of Agriculture; Natural Resources Conservation Service. Washington, DC, USA.

ADAPTACIÓN Y POTENCIAL PRODUCTIVO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO

Clara Ríos Isidro[1], Mauro Sierra Macias[1*], Neli Martínez Martínez[2], Noel Orlando Gómez Montiel[3], Mercedes Gómez Gómez[4], Manuel Sedeño Pastrana[5], Arturo Guiris Guzmán[6], Reyna Michelle Fierro López[6] y Octavio Cano Reyes[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental, Cotaxtla Km 34 Carr. Federal Veracruz- Córdoba CP 94270 Medellín de Bravo, Veracruz
[2]Centro de bachillerato tecnológico Agropecuario de Jesús Carranza, 164 calle hermanos Flores Magón Col; Nuevo Morelos, Jesús Carranza, Veracruz
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala Km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Guerrero, CP 40000
[4]Rancho Santo Domingo Jesús Carranza, Veracruz
[5]Rincón del Tigre, Ignacio de la Llave, Veracruz
[6]Centro de bachillerato tecnológico Agropecuario 84 Carlos A. Carrillo, Veracruz., Av. Ferrocarril, Colonia La granja. CP. 95342
*Autor para correspondencia: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Genotipo, Ambiente, Adaptabilidad, Áreas tropicales.*

Introducción

Durante los ciclos agrícolas 2024 y 2025, el cultivo de maíz en México ha atravesado una situación crítica. En 2024, la producción nacional se estimó en 25.1 millones de toneladas, lo que significó una caída del 8.9% respecto al año anterior. El maíz blanco alcanzó apenas 21.9 millones de toneladas, 10.1% menos que en 2023. Para 2025, las proyecciones indican una disminución aún mayor, que podría convertirse en la más baja de los últimos 15 años, cubriendo únicamente alrededor del 45% de la demanda destinada al consumo humano. (SIAP,2024).
Las sequías prolongadas y lluvias intensas han alterado los ciclos de siembra y cosecha, la variabilidad climática ha generado condiciones impredecibles, afectando desde la germinación hasta la madurez fisiológica del cultivo. Veracruz, Chiapas y Oaxaca han registrado reducciones en la precipitación acumulada anual. Estas condiciones climatológicas han favorecido la presencia de plagas y enfermedades, como la expansión del gusano cogollero y la chicharrita, plagas que dañan severamente el rendimiento del maíz. Al mismo tiempo, los costos de producción se han incrementado por el alza en insumos como fertilizantes, semillas y combustibles, afectando especialmente a los pequeños productores. Como consecuencia a esta situación, México ha incrementado sus importaciones de maíz, en particular de maíz amarillo (SIAP, 2024). Este año se han importado más de 23.9 millones de toneladas, y para 2025 se prevé un incremento aún mayor.
Las variedades sintéticas y de polinización libre se caracterizan por su alta adaptabilidad a distintos factores ambientales y de manejo agrícola, lo que les permite mantenerse productivas durante varios ciclos de cultivo sin comprometer el rendimiento ni las características agronómicas esenciales (Sierra *et al.,* 2016). El proceso de mejoramiento poblacional en maíz se enfoca en aprovechar la variación genética aditiva, buscando acumular genes favorables en los caracteres deseados. Este tipo de mejora también permite generar variedades de polinización libre con buen rendimiento y amplia adaptabilidad, siempre que se garantice diversidad genética y se reduzca la influencia del ambiente (Reyes, 1985). El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento agronómico de producción de híbridos y variedades de maíz prospectos durante el ciclo primavera verano bajo condiciones de temporal de Veracruz.

Materiales y Métodos

Localización. La formación de estos genotipos de maíz, se llevó a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al INIFAP, ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, localizado a los 18° 56’ Latitud Norte y 96° 11’ Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm; el clima de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (2004), engloba, el grupo climático A (Aw, Am y Af), cálido húmedo y subhúmedo con temperatura media de 25°C y precipitación anual de 1400 mm. Las localidades de evaluación se ubicaron en el estado de Veracruz y fueron: terrenos agrícolas del CBTA 84 del municipio de Carlos A. Carrillo, y del CBTA164

de Jesús Carranza, el Rancho Santo Domingo ubicado en nuevo Morelos, y en la comunidad Rincón del tigre perteneciente al municipio de Ignacio de la llave.
Germoplasma utilizado. Se utilizaron seis genotipos de maíz perteneciente a la raza Tuxpeño, desarrollados en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP (Sierra *et al.,* 2016); como testigo se utilizó el Hibrido H520 por ser un material adaptado y comercializado en todo el sureste mexicano.
Descripción de los experimentos. se establecieron bajo un diseño bloques al azar con tres repeticiones y seis tratamientos, de las cuales dos fueron variedades de polinización libre; V-540, V-537C; dos cruzas varietales, SINT4B x V540 y V537C x V540 y los híbridos H-520 y H-518, Los materiales se sembraron en parcelas de seis surcos de 5 m de largo por 80 cm de ancho, en una densidad de 62,500 plantas/ha. Para el control de malezas se aplicó Atrazina en forma preemergente; Se fertilizó con la fórmula 161-46-00, aplicando todo el fósforo y un tercio del nitrógeno al momento de la siembra y el resto del nitrógeno se aplicó en la etapa de amacollamiento, usando urea como fuente nitrogenada.
Variables y registro de datos. Durante el desarrollo del cultivo, se registraron las características agronómicas: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, aspecto y sanidad de planta y mazorca, utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 es el mejor y 5 el peor, plantas acamadas y mala cobertura de la mazorca. En la cosecha, se registraron las variables de rendimiento de grano, materia seca y pudrición de mazorcas, así como también el número de plantas cuateras en la variedad V540.
Métodos estadísticos. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado para el rendimiento de grano en las cuatro localidades. Se analizaron estadísticamente y para la separación de medias, se aplicó la prueba de Diferencia Mínima Significativa con probabilidades de 0.05 y 0.01. Se obtuvieron los índices ambientales para los cuatro ambientes de evaluación en Veracruz: CBTA84 de Carlos A. Carrillo 2024B, CBTA164 de Jesús Carranza 2024B, Rancho Santo Domingo en Nuevo Morelos 2024B y Rincón del Tigre en Ignacio de la Llave, Ver. 2024B.

Resultados y discusión

Rendimiento de grano**.** Del análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en genotipos de maíz a través de los cuatro ambientes, se encontró significancia al 0.05 de probabilidad para Genotipos (G), al 0.01 para Ambientes (A) y para la interacción GxA. La significancia para la interacción 1.38**, sugiere que el rendimiento de los híbridos a través de los ambientes es diferente. En este análisis, la varianza mayor fue registrada para ambientes, con un valor de 27.14**; lo que significa que los ambientes son diferentes en cuanto a las condiciones de suelo y clima; Así también, el coeficiente de variación (9.73%), valor relativamente bajo, sugiere que el manejo de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano en genotipos de maíz en Cuatro ambientes de Veracruz primavera verano 2024.

Fuente Variación	GL	SC	CM	F Calc	Ft0.05	Ft0.01
Genotipos (G)	5	6.06	1.21*	3.13	2.71	4.10
Ambiente (A)	3	81.42	27.14**	70.13	3.10	4.94
Interacción GxA	15	20.76	1.38**	3.57	2.2	3.09
Error	20		0.387			
CV (%)			9.73			

*y**/ = Significancia para las fuentes de variación al 0.05 y 0.01 de probabilidad, GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación.

El rendimiento de los híbridos varietales de maíz a través de los cuatro ambientes de evaluación, identificó un grupo sobresaliente al 0.05 de probabilidad, tales fueron: H-520, V-540, SINT-4BxV-540, prospecto para su liberación como (HV-570) y V-537CxV-540, con rendimiento de grano de 6.87 a 6.26 t/ha, particularmente se observó la presencia de dos híbridos varietales con rendimientos estadísticamente similar al registrado por el híbrido H-520 (6.87 t/ha), utilizado como testigo, y tienen la ventaja, desde el punto de vista del mantenimiento de únicamente dos progenitores, variedades de maíz de polinización libre adaptadas al trópico húmedo con buen rendimiento y características agronómicas, pero sobre todo facilidad y rentabilidad en la producción comercial de semilla, específicamente la semilla de estos híbridos varietales, pueden ser producidos en una relación 6:2, lo que significa sembrar seis surcos hembra y dos surcos macho (Gómez *et al.,* 2017), (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de grano en genotipos de maíz en ambientes de Veracruz primavera verano 2024.

Genealogía	Rincón del Tigre	CBTA84	Rancho Santo Domingo	CBTA164	Promedio
H-520	8.64	7.23	4.75	6.85	6.87*
V-540	8.15	6.41	6.28	6.17	6.75*
V-537CxV-540	9.17	6.95	4.44	5.60	6.54*
SINT4B x V-540	9.08	7.26	3.65	5.08	6.26*
V-537C	7.90	6.07	4.57	5.64	6.04**
H-518	7.74	4.91	6.00	4.92	5.89
Promedio	8.45	6.35	4.95	5.71	6.39
CME	0.37	0.228	0.63	0.32	0.387
CV	8.28	7.52	16.03	10.27	9.73
DMS0.05					0.65
DMS0.01					0.88

Índices ambientales. El ambiente de El Tigre en el municipio de Ignacio de la Llave, registró el rendimiento promedio significativamente más alto 8.45 t/ha y valores positivos en los índices ambientales con 2.06, mientras que la localidad de Rancho Santo Domingo en el municipio de Jesús Carranza, registró el rendimiento medio más bajo con un índice ambiental negativo de -1.44 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices ambientales de híbridos varietales de maíz Veracruz primavera verano 2024.

Ambiente	Rend t/ha	Índices ambientales
CBTA84 de Carlos A. Carrillo, Ver. 2024B	6.34	-0.05
Rincón del Tigre, Ignacio de la Llave 2024B	8.45**	2.06
CBTA 164 Jesús Carranza 2024B	5.71	-0.68
Rancho Santo Domingo 2024B	4.95	-1.44
Promedio	6.39	

Rend t/ha= Rendimiento de grano en toneladas por hectárea; **/ Significancia en los ambientes al 0.01 de probabilidad.

Conclusiones

La nueva variedad de maíz V-540 registró un rendimiento 6.75 t/ha que es competitivo con los híbridos y se adapta a las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera verano.

Los híbridos varietales SINT-4BxV-540 y V-537CxV-540 registraron rendimientos de grano de 6.26 y 6.54 t/ha, para cada cruza respectivamente, y son estadísticamente similares al registrado por el H-520 (6.87 t/ ha) usado como testigo por lo que representan una alternativa en la producción comercial de maíz.

Referencias bibliográficas

García., M.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 246p.

Gómez M., N.; Cantú A., M.A.; Vásquez C., G.; Hernández G., C.A.; Espinosa C., A.; Sierra M., M.; *et al.,* 2017. Híbrido de maíz H-568, Nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 8 (5): 1213-1218

Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, México. 460 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Acciones y programas de Producción agrícola. Disponible en: http//www.gob.mx/siap/acciones y programas de producción agrícola. (2024). s/p.

Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Espinosa, C., A. 2016. Adopción e impacto de la variedad VS-536 en la región tropical del sureste de México. Revista de Desarrollo Económico 3 (9): 32-40

EFECTO DEL ENCALADO EN LA PRODUCTIVIDAD DE GENOTIPOS DE MAÍZ EN SUELOS ÁCIDOS EN EL SUR DE VERACRUZ

Marcos Ventura Vázquez-Hernández[1*], Oscar Hugo Tosquy-Valle[1], Rigoberto Zetina-Lezama[1],
María de los Ángeles Acevedo-Cortés[1], Sabel Barrón-Frayre[2]
y María Dora Castillo-Rodríguez[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, C.P. 94270, Medellín, Ver., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo, Km 1 Carr. Huimanguillo-Cárdenas, C.P. 86400., Huimanguillo, Tabasco, México.
[3]Instituto Tecnológico de Zongolica, Extensión Tezonapa. Antiguo Recinto Ferial, Carretera a el Palmar s/n, C.P. 96999, Tezonapa, Ver., México.
*Autor para correspondencia: vazquez.marcos@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L., *Cultivares, pH, Rendimiento.*

Introducción

La acidez de los suelos es uno de los principales factores abióticos que afecta la producción de maíz. Diversos estudios reportan pérdidas que oscilan entre 3% y 71% (Dewi-Hayati *et al*., 2014), mientras que Tandzi *et al*. (2015) señalan reducciones de hasta 69%. Esta variabilidad depende del grado de acidez del suelo, las condiciones ambientales y el potencial. Los suelos con pH ácido se caracterizan por su baja fertilidad, debido a la combinación del incremento a niveles tóxicos de algunos elementos (Al, Mn y Fe) y al déficit de consiste en modificar las condiciones edáficas para favorecer el crecimiento y desarrollo de los cultivos, por ejemplo, mediante la aplicación e incorporación de cal agrícola en suelos fuertemente ácidos. Sin embargo, esta práctica presenta la limitación de que la corrección solo se logra en los primeros 20–30 cm del perfil del suelo y tiene un efecto temporal. Otra estrategia consiste en el desarrollo de híbridos y/o variedades mejoradas de alto rendimiento con adaptación a suelos ácidos (Tandzi *et al.,* 2018). Sin embargo, debido a que el rendimiento es producto de la interacción genotipo-ambiente, factores como el estrés hídrico y la baja fertilidad de los suelos dificultan el desarrollo y selección de los maíces mejorados. Por ello, es necesario complementar esta estrategia con la implementación de otras tecnologías que contribuyan a incrementar la productividad de genotipos de maíz, que asegure el autoconsumo y, en caso de excedentes, su comercialización. En este sentido, el objetivo de la presente investigación fue determinar el comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz en suelos ácidos del sur de Veracruz, así como el efecto del encalado en el rendimiento.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el municipio de Juan Rodríguez Clara, Ver. Situado a una altitud de 128 m. El experimento se condujo durante el ciclo primavera-verano de 2024 en condiciones de temporal. n un suelo clasificado como Cambisol dístrico, de textura migajón arenoso y fuertemente acido (pH=4.6) (Zetina-Lezama *et al.,* 2005). El clima predominante es cálido subhúmedo (AWo) con una temperatura media anual de 24.5ºC y precipitación media anual de 1462 mm. Los genotipos utilizados fueron: H-520, V-540, V-537C, V-537C x V-540, SINT 4B, SINT 4B x V-540 y SINT 1A, todos provenientes del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP. La siembra se realizó el 14 de agosto de 2024, en parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud, con una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.2 m entre plantas, lo que correspondió a una densidad de 62,500 plantas por hectárea. La parcela útil correspondió los dos surcos centrales. Las variables evaluadas fueron: días a la floración masculina y femenina (50% de las plantas en floración), altura de planta y de mazorca (cm), sanidad y aspecto de planta (escala 1-5), sanidad y aspecto de mazorca (escala 1-5) y rendimiento de grano (kg/ha) ajustado al 14% de humedad. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias DMS, bajo un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones y un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas entre genotipos, independientemente del nivel de cal en las variables, días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de mazorca (AM) y acame de raíz (AR). Solo en el rendimiento de grano (RG) no se detectaron diferencias en el suelo sin encalar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en los ensayos de maíz conducidos en suelo ácido del sur de Veracruz.

	F.V.	GL	FM	FF	AP	AM	DT	SP	AsP	AT	AR	RG
CON CAL	Genotipo	6	2.81*	3.2*	411.37ns	185.17*	2.07ns	0.1ns	0.23ns	0.81ns	62.54*	1298516.75*
	Bloques	3	0.43	0.29	483.46	287.27	5.52	0.18	0.29	0.29	30.61	179429.27
	Error	18	0.43	0.42	176.46	45.47	3.13	0.13	0.2	0.29	19.11	137186.16
	Total	27										
	C.V.		1.23	1.21	8.35	8.4	10.97	19.15	21.72	124.72	177.38	10.93
SIN CAL	Genotipo	6	2.75*	4.08*	343.89*	177.07*	2ns	0.35ns	0.12ns	0.74ns	7.56*	264991.56ns
	Bloques	3	0.89	0.48	303.94	121.95	9.52	0.32	0.15	0.43	3.65	115925.18
	Error	18	0.78	0.89	104.27	39.79	1.3	0.33	0.15	0.6	1.99	157572.29
	Total	27										
	C.V.		1.63	1.72	7.03	9.32	6.71	20.3	15.96	216.02	77.41	15.23

FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, DT: diámetro del tallo, SP: sanidad de planta, AsP: aspecto de planta, AT: acame de tallo, AR: acame de raíz, RG: rendimiento de grano. *diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ns: sin diferencias significativas

De acuerdo con el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas entre las dosis de encalado y genotipos en las variables días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca y rendimiento. Adicionalmente se observaron diferencias únicamente entre las dosis de encalado para la variable aspecto de planta y en la interacción Dosis de encalado x Genotipos en la variable de rendimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en los ensayos de maíz conducidos en suelo ácido, con y sin aplicación de dolomita, en Veracruz.

F.V.	GL	FM	FF	AP	AM	SP	AsP	RG
Dosis de cal (DC)	1	19.45*	23.1*	2688.29*	2225.16*	12.07*	2.16*	8559772.07*
R (DC)	6	0.66	0.38	393.7	204.61	0.25	0.22	147677.23
Genotipos (G)	6	5.32*	6.98*	611.14*	310.83*	0.21	0.22	982459.4*
DC x G	6	0.24	0.31	144.12	51.41	0.24	0.13	581048.9*
Error	36	0.61	0.66	140.37	42.63	0.23	0.18	147379.23
Total	55							
CV (%)		1.45	1.49	7.79	8.83	20.33	18.63	12.81

FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, SP: sanidad de planta, AsP: aspecto de planta, RG: rendimiento de grano. *diferencias significativas al 0.05.

Las plantas que se desarrollaron en condiciones de acidez natural (sin aplicación de cal) mostraron un retraso en ambas floraciones, menor altura de planta y mazorca y valores mayores de sanidad y aspecto de planta y menor rendimiento (Cuadro 3). Al respecto, Wakwoya *et al.* (2022), señalan que el encalado neutraliza el ácido producido en el suelo, ayuda a superar los problemas asociados con la acidez, la disponibilidad de nutrientes, favorece la actividad microbiológica y mejora la estructura del suelo, por lo que promueve un mejor desarrollo de las raíces y una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, resultando en incrementos en el rendimiento y la productividad de los cultivos.

Cuadro 3. Rendimiento promedio de variables evaluadas en maíz con y sin dolomita.

Dosis de cal	FM	FF	AP	AM	SP	AsP	RG
Sin cal	54.25a	55.00a	145.18b	67.64b	2.84a	2.46a	2605.82b
Con cal	53.07b	53.71b	159.04a	80.25a	1.91b	2.07ab	3387.75a
DMS (0.05)	0.53	0.40	12.98	9.35	0.33	0.31	251.31

FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, A.M: altura de mazorca SP: sanidad de planta, AsP: aspecto de planta, RG: rendimiento de grano. *diferencias significativas al 0.05.

Los genotipos 537C x V-540 y el SINT 4B presentaron los rendimientos promedios más altos y los valores más altos de MGi e IERi, esto indica, que fueron los de mayor eficiencia productiva, con y sin aplicación de cal al suelo (Cuadro 4). De acuerdo con el índice de eficiencia relativa (IERi), los genotipos de menor eficiencia fueron SINT 4B x V-540 y H-520.

Cuadro 4. Rendimiento de grano promedio de genotipos de maíz evaluados en suelo ácido, con y sin aplicación de cal dolomita e índices de selección estimados. Juan Rodríguez Clara, Ver., México. Ciclo de verano-otoño de 2024.

Genotipo	RG promedio (kg/ha)*	MGi	IERi
H-520	2502.75c	2502.11	0.71
V-540	3130.38ab	3115.27	1.10
V-537C	2601c	2579.04	0.75
V-537C x V-540	3409.13a	3298.57	1.23
SINT 4B	3278.38a	3220.82	1.18
SINT 4B x V-540	2844.88bc	2819.06	0.90
SINT 1A	3211ab	3205.91	1.16
PROMEDIO	2996.78571	2962.97	1.00
ANOVA	*		
DMS (0.05)	389.29		
H-520	2502.75c	2502.11	0.71
V-540	3130.38ab	3115.27	1.10

RG: rendimiento de grano¸MGi: Media geométrica. IERi=: índice de eficiencia relativa. *Medias con letras iguales no presentan diferencias significativas (DMS, p<0.05).

Conclusiones

Los genotipos V-537C x V-540 y SINT 4B fueron los de mayor rendimiento y de mayor eficiencia relativa en suelos ácidos, con y sin encalado, seguidos de los genotipos SINT 1A y V-540.

Referencias bibliográficas

Dewi-Hayati, P.K., A. Sutoyo, A. Syarif., y T. Prasetyo. 2014. Performance of maize single-cross hybrids evaluated on acidic soils. Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol. 4:30–33.

Tandzi, L.N., C.S. Mutengwa, E.L.M. Ngonkeu, y V. Gracen. 2018. Breeding Maize for Tolerance to Acidic Soils: A Review. Agronomy 8(84):1-21.

Tandzi, N.L., E.L.M. Ngonkeu, E. Youmbi, E. Nartey, M. Yeboah, V. Gracen *et al*. 2015. Agronomic performance of maze hybrids under acid and control soil conditions. Int. J. Agron. Agric. Res. 6:275–291.

Wakwoya, M.B., W.H. Woldeyohannis y F.K. Yimamu. 2022. Effects of minimum tillage and liming on maize (*Zea mays* L.) yield components and selected properties of acid soils in Assosa Zone, West Ethiopia. Journal of Agriculture and Food Research 8:10031.

Zetina-Lezama, R., A. Trinidad-Santos, J.L. Oropeza-Mota, V. Volke-Haller, y L.L. Landois-Palencia. 2005. Relación bases intercambiables – rendimiento de maíz en un cambisol dístrico con labranza, encalado y abono verde. Terra Latinoamericana 23(3):389-397.

USO DE AGROQUÍMICOS EN PRÁCTICAS AGRÍCOLAS, RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN JALISCO, MÉXICO (estudio preliminar)

Valente Macías-López[1]*, Rubén Darío Guevara-Gutiérrez[2], Oscar Arturo Barreto-Garcia[2], José Luis Olguín-López[2] y José Manuel Ramírez Romero[2]

[1]Licenciatura en Recursos Naturales y Agropecuarios, Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional 151, C.P. 48900, Autlán de Navarro, Jalisco-México.
[2]Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. Av. Independencia Nacional 151, C.P. 48900, Autlán de Navarro, Jalisco, México.
*Autor para correspondencia: valente.macias6026@alumnos.udg.mx

Palabras clave: *Comunidades rurales, Agricultura de subsistencia, Área natural protegida.*

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) representan territorios clave para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales; sin embargo, a pesar de su relevancia ambiental, muchas enfrentan presiones derivadas de la actividad agrícola y la persistencia de modelos productivos convencionales que ponen en riesgo su sustentabilidad (CONANP, 2020). En México, diversos estudios señalan que el modelo neoliberal adoptado ha generado impactos negativos en el campo, afectando la viabilidad ecológica, económica y social de numerosas comunidades rurales (Guerritsen *et al*., 2006). Este panorama refuerza la necesidad de vincular el desarrollo socioeconómico local con la conservación ambiental (Farfán, 2015).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue analizar la relación entre los factores socioeconómicos y el uso de agroquímicos en prácticas agrícolas desarrolladas dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM) en el estado de Jalisco, México.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en la RSBM, ubicada en la región occidente de México, entre Jalisco y Colima, situada entre las coordenadas 19°26’47’’ y 19°42’05’’ norte y 103°51’12’’ y 104°27’05 oeste. Su gradiente altitudinal va de 400 a 2900 msnm, lo que contribuye a su gran biodiversidad, coberturas del suelo y coexistencia de actividades productivas como la agricultura y ganadería (ambas de autoconsumo).

La información se obtuvo mediante la aplicación de encuestas estructuradas dirigidas a los habitantes dedicados a actividades agrícolas en comunidades localizadas dentro del ANP, donde se concentran diversas formas de manejo agrícola. Para el análisis se empleó un modelo metodológico basado en Meyer *et al*. (1992) el cual permite identificar indicadores ambientales, sociales y económicos (Figura 1).

A partir de la construcción de las encuestas, así como de la selección del indicador ‘‘Uso de insumos agroquímicos para la agricultura’’ y los atributos del indicador ‘‘Factores socioeconómicos’’ se elaboró el diseño experimental (Figura 2), orientado en evaluar las condiciones socioeconómicas en relación al uso de agroquímicos para el control de plagas y mejoramiento de la calidad del suelo. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, a partir del cálculo de frecuencias absolutas y relativas. Este procedimiento permitió identificar patrones de respuesta y caracterizar aspectos como la presencia o ausencia de asesoría técnica, acceso a subsidios, participación en escuelas de campo, así como barreras estructurales enfrentadas por los agricultores.

Figura 1. Modelo metodológico de investigación (basado en Meyer *et al*. 1992).

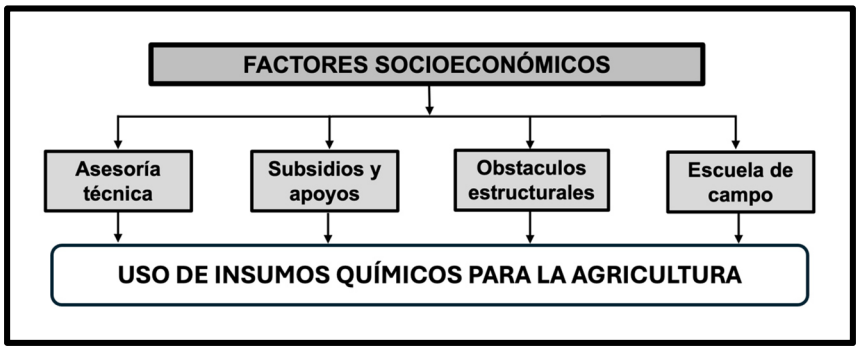


Figura 2. Diseño experimental.

Resultados y discusión

Considerando que la RBSM abarca 32 comunidades agrarias parcial o totalmente dentro de sus límites, los resultados evidencian una limitada articulación institucional en la región. Del total de agricultores encuestados, el 85% reportó no contar con asesoría técnica y el 59% indicó no recibir subsidios ni apoyos gubernamentales. Respecto a los principales obstáculos estructurales percibidos, el 44.4% de los participantes señaló enfrentar de manera simultánea múltiples limitaciones, entre ellas la escasez recursos económicos, la falta de conocimientos técnicos y la ausencia de respaldo institucional. Esta combinación de factores sugiere un entorno adverso para la transición hacia sistemas agrícolas más sustentables.

Las principales limitantes identificadas fueron las condiciones climáticas (18.5%) y la falta de conocimientos (18.5%). En cuanto a la participación en escuelas de campo o tipo de congregación el 51.9% de los agricultores reportó no participar en estas actividades. Este resultado refuerza la influencia del arraigo de factores estructurales como la cuestión cultural y los conocimientos trasmitidos por los ancestros, en el uso de agroquímicos en la región en apoyo a la actividad agrícola de forma sustentable (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de resultados.

Atributos	Respuesta de loa agricultores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje (%)
Asesoría técnica	Si	4	0.1	14.8
	No	23	0.9	85.2
		27	1	100
Subsidios y apoyos	SI	11	0.4	40.7
	No	16	0.6	59.3

Atributos	Respuesta de loa agricultores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Porcentaje (%)
		27	1	100
Obstáculos estructurales	Falta de recursos económicos	4	0.1	14,8
	Afectación por eventos extremos	1	0.04	3.7
	Falta de conocimientos	5	0.2	18.5
	Condiciones climáticas	5	0.2	18.5
	Obstáculos múltiples	12	0.4	44,4
		27	1	100
Escuela de campo	Si	11	0.4	40.7
	No	14	0.5	51.9
	Eventualmente	2	0,1	7.4
		27	1	100

Estos resultados coinciden con lo planteado por Altieri y Toledo (2011), quienes destacan que los factores socioeconómicos e institucionales son determinantes en la configuración de los agroecosistemas rurales. Bajo el enfoque de Meyer *et al*. (1992), se subraya que estos sistemas deben evaluarse más allá de su productividad, incorporando también las condiciones sociales y económicas que los sostienen o limitan. En este marco, la persistencia del uso de agroquímicos en la RBSM, puede interpretarse como una respuesta adaptativa frente a un entorno estructuralmente vulnerable, lo que refuerza un círculo de dependencia, baja rentabilidad y deterioro ambiental. De ahí la importancia de vincular las prácticas agrícolas con indicadores de sustentabilidad que orienten estrategias de conservación acordes con las realidades sociales y económicas locales.

Conclusiones

La falta de asesoría, apoyos y educación práctica, limitan la transición hacia la implementación de prácticas sustentables en la RBSM. Ante ello, los programas de extensión rural deben orientarse hacia enfoques agroecológicos contextualizados, que reconozcan los saberes locales, fortalezcan las capacidades comunitarias y promuevan el acceso equitativo a la información, la asesoría y los recursos. La puesta en marcha de estas estrategias contribuirá a generar procesos de transformación territorial más resilientes, sostenibles y socialmente inclusivos.

Referencias bibliográficas

Altieri, M. A. y Toledo, V. M. 2011. The Agroecological Revolution in Latin America: Rescuing Nature, Ensuring Food Sovereignty and Empowering Peasants. Journal of peasant studies. 38(3): 587-612.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2020. Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018. Goberno de México. 81 p.

Farfán Gutiérrez, M. 2015. Escenarios de deforestación (2004-2018) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y su impacto en las áreas potenciales de distribución de dos especies de felinos. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental). México.

Guerritsen, W. P. R., Rosales, A. J. J., Moreno, H. A., Martínez, R. L. M. 2006. Sistemas Productivos y Sustentabilidad Rural en la Costa Sur de Jalisco en el Occidente de México. 11° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. Mérida, Yucatán. pp 1-19.

Meyer, J. R., C. L. Campbell, T. J. Moser, G. R. Hess, J. O. Rawlings, S. Peck, and W. W. Heck. 1992. Indicators of the ecological status of agroeco-systems. *In*: McKenzie, D. H., D. E. Hyatty, and V. J. Mcdonald. (eds). Ecological Indicators. Vol I. London.

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE GENOTIPOS DE CHILE HABANERO CON PODA DE FORMACIÓN BAJO CASA SOMBRA

Juan Antonio Chamú-Baranda[1]*, María Verónica Rifas-Juárez[1], Martín Solís-Martínez[1], Eloy Canales-Sosa[1], Oscar Martín Antúnez-Ocampo[2] y Enrique García-González[1]

[1]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Av. Vicente Guerrero No. 81 Primer piso, Col. Centro, Iguala, Gro., México C.P. 40000.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Iguala, Carr. Iguala-Tuxpan, km. 2.5, Col. Centro, Gro., México. C.P. 40000.
*Autor de correspondencia: antonio.chamu@csaegro.edu.mx

Palabras clave: *Capsicum chinense J., Caribean Orange, Chichen Itzá, Agricultura protegida*.

Introducción

Los principales estados productores de chile habanero son Yucatán y Tabasco, generando más del 71% de la producción total. Debido a la gran importancia que tiene el chile habanero en el sector alimenticio como en el industrial, la demanda por este fruto es considerablemente alta; exportando la mayoría de la producción a mercados internacionales (Estados Unidos y Japón, principalmente) lo que posiciona a México como país líder en exportación. En el chile habanero destacan principalmente los colores amarillo, naranja, rojo y morado, prefiriendo frutos de buen tamaño, excelente sabor y pungencia. El utilizar genotipos que sean aptos en la región con buen potencial productivo garantiza una mayor producción; cada material genético exige una nutrición óptima y manejo agronómico apropiado que ayude a expresar todo su potencial. El establecimiento de un sistema de producción bajo malla sombra e hidroponía juega un papel muy importante para la producción de hortalizas, debido a que los nutrimentos están a disposición del sistema radical de la planta, mejorando así su absorción. Por otro lado, un buen manejo agronómico exige la realización oportuna de actividades como podas de sanidad y formación que genera en la planta una mejor distribución de los fotoasimilados a los órganos reproductivos consiguiendo con ello el inicio de la floración, mejor desarrollo de los frutos con excelente tamaño y calidad (Navarro, 2006). La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la adaptabilidad de genotipos de chile habanero y seleccionar el que brinde plantas vigorosas que sean capaces de generar altos rendimientos bajo condiciones protegidas, así como también conocer el efecto de la poda sobre el rendimiento y calidad del fruto en esta hortaliza, esperando que esta información ayude a los productores guerrerenses ampliar su panorama de producción.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en una casa sombra de 150 m^2 con cubierta de malla 50% sombra y malla antiáfidos en las laterales, ubicada en el Vivero “Valerio Trujano” dependiente del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), que se localiza en el municipio de Tepecoacuilco, Gro., ubicado en el km 11 de la carretera Iguala-Huitzuco; a una altitud de 860 msnm y ubicado geográficamente entre 17º 54´ LN y 99º 41´ LO. El clima predominante en esta región es el cálido subhúmedo; con temperatura máxima de 31.5°C y mínima de 24.8°C, la precipitación anual varía de 700 a 1 100 mm. Se evaluaron dos factores: 1) Poda de ramas secundarias (sin poda y poda a tres tallos) y 2) Genotipos (Chichen Itzá F_1 “fruto naranja” y la variedad Caribean Orange “fruto amarillo”) que se combinaron mediante un arreglo bifactorial 2x2, para generar cuatro tratamientos (T1: Sin poda-Chichen Itzá, T2: Con poda-Chichen Itzá, T3: Sin poda-Caribean Orange, T4: Con poda-Caribean Orange). Los tratamientos se distribuyeron en la casa sombra bajo un diseño de bloques completos al azar específicamente en un arreglo de parcelas divididas; en las parcelas grandes, se ubicó el factor poda y en las parcelas chicas los genotipos. La unidad experimental estuvo constituida de 24 plantas distribuidas en dos camas de 1.80 m de largo, cada una con doble hilera de macetas bicolor (blanco/negro) de 37x37 cm con sustrato arena de río, la separación entre camas fue de 1.10 m, entre hileras de 0.30 m y entre plantas de 0.30 m. Se utilizaron cuatro repeticiones, generando 16 unidades experimentales. La parcela útil estuvo formada por ocho plantas, éstas se ubicaron de la hilera central de ambas camas. A las variables obtenidas se les realizó un análisis de varianza y prueba complementaria Tukey al 5% de probabilidad utilizando el sistema SAS. A los 52 ddt se hizo la poda de formación, solo a las plantas bajo este nivel de estudio, dejando tres tallos por planta, mismos que se tutoraron con rafia y anillos plásticos. Las plantas sin poda se mantuvieron erguidas con el uso de tutorado con malla melonera.

Resultados y discusión

La fenología del chile habanero en condiciones semiprotegidas en Tepecoacuilco, Gro., tiene una duración de 176 días desde la siembra hasta la madurez fisiológica y comercial de los frutos. La siembra fue el 21 de octubre de 2017 y el trasplante se realizó a los 37 días después de la siembra (dds), el inicio de la floración y fructificación ocurrió a los 74 y 85 ddt, respectivamente; mientras que, la primera cosecha se hizo a los 110 ddt abarcando un periodo de cosecha de 22 días.

A continuación, se muestra un resumen del análisis de varianza y la prueba de Tukey de la información colectada por efecto de los factores en estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos, análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey) del número de frutos de chile habanero por calidades (miles de frutos/ha) en respuesta a la poda de formación y genotipos bajo casa sombra.

Factor	Calidad (miles de frutos/ha)						
	Extragrande	Grande	Mediano	Chico	Desecho	Comercial	Total
Poda (A)							
Sin	74.0b	446.9b	731.2a	1675.0a	2180.6a	2927.1a	5107.6a
Con	547.8a	740.6a	559.0a	1117.7b	853.1b	2965.3a	3818.5b
Genotipo (B)							
Chichen Itzá	317.7a	577.1a	688.2a	1697.9a	1817.1a	3281.0a	5098.0a
Caribean Orange	304.1a	610.4a	602.1a	1094.8b	1216.6b	2611.5a	3828.1b
Media general	311.00	593.70	645.60	1396.30	1516.80	2946.10	4463.00
C.V. (%)	30.70	22.64	33.51	17.65	24.36	18.75	16.97
Fuente de variación	Pr>Fc						
Poda (A)	0.0075**	0.0049**	0.06ns	0.0205*	0.0130*	0.75ns	0.0124*
Genotipo (B)	0.78ns	0.63ns	0.45ns	0.0027**	0.0175*	0.05ns	0.0154*
A*B	0.7ns	0.1ns	0.5ns	0.5ns	0.5ns	0.6ns	0.3ns

ns= no significativo, *= Significativo, **= Altamente significativo. Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

Las plantas de chile habanero de ambos genotipos con poda tipo holandesa (tutoradas con rafia vertical) generaron 640 y 65.7% mayor cantidad de frutos de calidad extragrande y grande, respectivamente con respecto a las plantas crecidas en malla melonera a las que no se les realizó poda. Las plantas de chile habanero sin poda generaron significativamente frutos de menor calidad (frutos chicos y desecho). Al final del periodo experimental la producción de frutos con valor comercial fue similar alcanzando un promedio de 2 946.10 miles de frutos/ha. Las plantas del genotipo Chichen Itzá produjo significativamente 33.17% mayor cantidad de frutos totales; sin embargo, éstos se clasificaron en su mayoría en frutos chicos y de desecho, lo que originó una diferencia no significativa en frutos con valor comercial entre los dos genotipos evaluados. Pinzón (2011), al evaluar genotipos de chile habanero en respuesta a la poda bajo casa sombra, obtuvo mejores resultados de frutos extragrandes (87,500 frutos/ha) con las plantas podadas a dos tallos en comparación con las plantas crecidas de forma libre. Estos resultados demuestran que la poda influyó de forma directa en la obtención de frutos de mejor calidad; por lo que dejar las plantas crecer de forma arbustiva genera una mayor cantidad de frutos debido a que se tienen mayor cantidad de tallos productivos pero éstos son de menor calidad debido a que los fotoasimilados obtenidos durante la fotosíntesis son distribuidos a cada uno de los tallos primarios y secundarios repartiendo los nutrimentos por lo que el fruto que se obtiene es pequeño y de menor valor comercial (Esiyok *et al.* 1994).

A continuación, se muestra el resumen de los datos obtenidos del análisis estadístico y la prueba de Tukey por factor en estudio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Datos, análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey) del peso de frutos de chile habanero por calidades (t/ha) en respuesta a la poda de formación y genotipos bajo casa sombra.

Factor	Calidad (t/ha)						
	Extragrande	Grande	Mediano	Chico	Desecho	Rendimiento	Total
Poda (A)							
Sin	1.29b	5.45b	6.50a	10.22a	8.50a	23.48b	31.98a
Con	10.05a	9.49a	4.84a	6.78b	3.48a	31.16a	34.65a

Factor	Calidad (t/ha)						
	Extragrande	Grande	Mediano	Chico	Desecho	Rendimiento	Total
Genotipo (B)							
Chichen Itzá	5.86a	7.12a	6.11a	10.19a	7.85a	29.28a	37.70a
Caribean Orange	5.48a	7.83a	5.24a	6.83b	4.13a	25.37a	29.51b
Media general	5.70	7.50	5.70	8.50	6.00	27.30	33.30
C.V. (%)	30.02	20.73	31.28	18.89	68.41	20.49	17.47
Fuente de variación				Pr>Fc			
Poda (A)	0.0083**	0.0016**	0.07ns	0.0177*	0.06ns	0.0108*	0.28ns
Genotipo (B)	0.66ns	0.39ns	0.36ns	0.0058**	0.11ns	0.21ns	0.0397*
A*B	0.6ns	0.07ns	0.6ns	0.6ns	0.6ns	0.6ns	0.9ns

ns= no significativo, *= Significativo, **= Altamente significativo. Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

La realización de poda en las plantas de habanero indujo 679.07, 74.13 y 32.71% mayor rendimiento de frutos extragrandes, grandes y comerciales, respectivamente en comparación con las plantas que no se les realizó poda. Estas últimas plantas produjeron frutos de calidad menor. Las plantas de chile habanero Chichen Itzá produjeron el mayor rendimiento de frutos totales; sin embargo, éstos se clasifican en su mayoría en la categoría chico y de desecho; por lo que, el rendimiento comercial fue estadísticamente similar entre los genotipos. Pinzón (2011), al evaluar genotipos de habanero en respuesta a la poda de ramas bajo sombra, reportó su mejor rendimiento promedio de 21.1 t/ha con poda. Urrestarazu *et al.* (2002), mencionan que la poda en las plantas y tutoradas con rafia vertical permite obtener mejor calidad de los frutos; por otra parte, dejar que crezcan de forma libre se gana en un mejor rendimiento por unidad de superficie, el inconveniente que los frutos son más pequeños, de menor peso y calidad (Cuadro 2).

Conclusiones

La poda de formación en chile habanero representa una alternativa de manejo para el aumento de la calidad de los frutos. Además, se observó que el genotipo Chichen Itzá exhibió mayor adaptabilidad con una tendencia de aumento en el rendimiento comercial y total. Esta hortaliza representa una alternativa de producción bajo las condiciones ambientales del estado de Guerrero.

Referencias bibliográficas

Esiyok, D., E. Ozzambak and B. Eser. 1994. The effects of stem pruning on the yield and earliness of greenhouse peppers (*Capsicum annuum* L. grossum cv. Kandil and 11B-14). Acta Hortic. 366:293-300.

Navarro de Torres S. 2006. Manejo de Cultivo en Invernadero. p. 17-23. In: Romero, E. J. (ed.). Memoria Producción de Hortalizas Bajo Invernadero. Fundación Produce de Sinaloa, Sin., México.

Pinzón, C. P. 2011. Rendimiento de genotipos de chile habanero en respuesta a la poda de ramas. Tesis de licenciatura. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro., México.

Urrestarazu, G. M., J. Catillo E. y M. C. Salas. 2002. Cultivo de pimiento: Técnicas culturales y calidad. Horticultura. 159:18-26.

EFECTO DE AMINOÁCIDOS Y SILICATO DE POTASIO EN EL RENDIMIENTO DEL RÁBANO VARIEDAD SCARLET

Gloria Esperanza De Dios-León[1], Armando Guerrero-Peña[2]*, María Alva Ángel-Lara[1], Norma Ana Beli Coria-Gil[1], Agustín Herrera-Solano[1] y Yamil Loyo-Pérez[1]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Región Orizaba-Córdoba, Carretera Peñuelas, Amatlán, kilómetro 177, C. P. 94500. Córdoba, Veracruz, México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n Km. 3, Periférico Carlos A. Molina SN, Ranchería Río Seco y Montaña, 86500 Cárdenas, Tabasco.
*Autor para correspondencia: garmando@colpos.mx

Palabras clave: *Raphanus sativus L., Índice de cosecha, Rendimiento de fruto en fresco, Rendimiento de planta completa.*

Introducción

El rábano (*Raphanus sativus*) ha demostrado a lo largo de la historia su valor tanto en la cocina como en la economía global. La importancia de esta especie se debe a su contenido de minerales como el potasio y yodo, los cuales están presentes en mayor cantidad que en otras hortalizas. De su aporte vitamínico destaca la vitamina C, la cual actúa como un antioxidante, favoreciendo la formación de colágeno y glóbulos rojos (Davey *et al*., 2000). El manejo del cultivo es de vital importancia, desde la preparación del suelo hasta su cosecha para obtener el rendimiento esperado y un producto de calidad, incluyendo la nutrición de los mismos y en la cual es uno de los factores en el que el productor debe manejar de forma eficiente para no ocasionar anomalías como deficiencias o toxicidades. Una de las moléculas que se pueden aplicar como nutrientes a las plantas, son los aminoácidos, de los cuales 21 se clasifican como esenciales para el correcto funcionamiento. Cada uno desempeña un papel específico en la estructura, regulación y adaptación de las plantas comprendiendo su importancia biológica. Además, forman proteínas, que son una de las biomoléculas indispensables para el correcto funcionamiento de los seres vivos (Voet *et al*., 2007). Aunque el silicio no es esencial para las plantas, su presencia puede mejorar la resistencia y protección de las plantas contra diversos tipos de estrés y el potasio es uno de los macronutrientes primarios por lo que debe considerarse siempre en un programa de fertilización. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos productos a base de aminoácidos y silicato de potasio en el rendimiento del rábano (*Raphanus sativus* L.) variedad Scarlet sembrado a cielo abierto.

Materiales y métodos

El experimento de campo se estableció en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana de la Región Córdoba-Orizaba, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, sitio ubicado en las coordenadas geográficas 18° 51´ 28” de latitud norte y 96° 54´ 0” de longitud oeste a 722 m de altitud. El terreno se preparó con un paso de rastra, se aplicó cal agrícola y la siembra de semilla fue directa, colocando dos semillas por punto de siembra, para posteriormente realizar aclareo. Se usó un diseño completamente al azar. La unidad experimental consistió en un área total de 4.8 m^2 (1.20 m de ancho y 4 m de largo) de la cual, después de eliminar el efecto de borde (40 cm de cada lado por lo largo), la parcela útil quedó de 3.84 m^2. La distancia entre líneas fue de 20 cm y de siembra entre plantas fue de 16 cm. Los tratamientos evaluados fueron tres: tratamiento uno: control o testigo, tratamiento dos: Sílisec-k (Producto a base de óxido de silicio y potasio) utilizando la dosis recomendada por el comerciante (2 L/ha) y tratamiento tres: Turgent (Producto a base de dióxido de silicio, potasio, aminoácidos, ácidos fúlvicos y húmicos) aplicando la dosis recomendada de 4 L/ha, cada uno con 4 repeticiones por lo que se utilizaron 12 unidades experimentales. Para el análisis de datos (análisis de varianza) se utilizó el programa estadístico R Commander® versión R x 64 4.0.5. Los supuestos de normalidad se verificaron con el estadístico de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Barttlet para confirmar el uso de estadística paramétrica.

Resultados y discusión

En ninguna de las variables evaluadas se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Respecto a la variable índice de cosecha (Cuadro 1), es una determinación que por lo general no se realiza en trabajos experimentales, sin embargo, es importante porque es un estimado de la parte comestible o de interés del vegetal respecto a la

biomasa total (hoja, raíz y fruto); por ejemplo, en el tratamiento tres con el producto Turgent en el cual el índice de cosecha fue de 0.56 significa que en una muestra de 100 gramos de planta completa, 56 gramos serán del fruto o raíz comestible y 44 gramos serían de hoja, raíz verdadera y fruto. Al respecto, Peña *et al*. (2018) evaluando el rábano un promotor de crecimiento a base de arginina, glicina, fosfato potásico y ácido málico, principalmente, no encontraron diferencia significativa entre tratamientos testigo y la primera dosis utilizada del producto (0.2 L/ha), y reportan promedio en el índice de cosecha de 0.38 y 0.39, respectivamente; sin mencionar a qué atribuyen tales resultados. Respecto al rendimiento de fruto fresco (Cuadro 1), resulta importante observar las diferencias numéricas, con el producto Sílisec-k se obtuvieron los mayores rendimientos en base fresca con 2,646.9 kg/ha; este producto que es a base de silicio y potasio, mejora además el enraizamiento lo que pudo manifestarse ligeramente en un mejor desarrollo de la planta completa. Además, el fósforo es un nutriente vital para el crecimiento y desarrollo de las plantas junto con otros elementos importantes y desempeña un papel esencial en el metabolismo y las funciones de producción de energía en las plantas de follaje (Djurovka *et al*., 1997) como lo es el rábano.

Cuadro 1. Índice de cosecha y rendimiento de fruto en base fresca en el rábano variedad Scarlet con potenciador de aminoácidos y silicato de potasio.

Tratamiento	Índice de cosecha	Rendimiento de fruto fresco (kg/ha)
1. Testigo	0.58a	1986a
2. Sílisec-k	0.58a	2646a
3. Turgent	0.56a	1962a
EE±	0.010	243

Medias con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey, p ≥0.05). EE±= Error estándar.

El rendimiento en base seca del fruto resultó ser mayor numéricamente en el tratamiento testigo con 40.9 kg/ha (Cuadro 2); es importante mencionar que, para determinar el rendimiento en base seca, se considera el porcentaje de materia seca la cual resultó ser mayor en este mismo tratamiento (Dato no publicado). Ferreira da Silva *et al*. (2018) mediante aplicación de diferentes fuentes de Selenio en rábano, no observaron diferencia significativa en la materia seca de raíz y brotes en g/planta. Nascimento de Jesus *et al*. (2023) mediante aplicación de un bioestimulante a base de aminoácidos y diferentes niveles de salinidad, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento en base fresca ni seca en el sistema aéreo y raíz subterránea en el rábano; Albuquerque *et al*. (2016) atribuye el comportamiento posiblemente a que, las respuestas de las plantas al bioestimulante pueden variar desde la absorción, translocación y partición de nutrientes, la cual está influenciada por la interacción entre los diferentes compuestos orgánicos presentes en el suelo. Zeb *et al*. (2016) mediante aplicación de fósforo en cuatro niveles al rábano, no encontró diferencia estadística entre el tratamiento testigo y la dosis más alta del elemento (80 kg/ha) en el rendimiento base seca por parcela (sin especificar el tamaño) con resultados numéricos de 2.64 y 2.96 kg, respectivamente, estos datos son por mucho, superiores a los de esta evaluación haciendo la observación que además le aplicaron nitrógeno y potasio como fertilizantes básicos.

Cuadro 2. Rendimiento de fruto en base seca y en planta completa en el rábano variedad Scarlet con potenciador de aminoácidos y silicato de potasio.

Tratamiento	Rendimiento de fruto en base seca (kg/ha)	Rendimiento de planta completa (kg/ha)
1. Testigo	40.92a	3733.31a
2. Sílisec-k	32.71a	4603.53a
3. Turgent	27.77a	3449.39a
EE±	3.57	448.55

Medias con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey, p ≥0.05). EE±= Error estándar.

Debe indicarse que en la variable rendimiento de planta completa, en la presente evaluación se consideró la raíz verdadera, fruto (raíz comestible y hojas); en la mayoría de los resultados obtenidos hacen referencia al rendimiento o producción de planta completa sin mencionar si se considera la raíz verdadera. Igualmente, refieren al rendimiento total de la planta incluyendo hojas y raíz comestible (fruto) principalmente, y no solo el fruto separado debido a que al mercado se vende prácticamente la planta completa por lo cual es difícil comparar los

resultados obtenidos en esta evaluación, con otras investigaciones. Numéricamente, con el producto Sílisec-k se obtuvo el mayor rendimiento en planta completa con 4,603.5 kg/ha (Cuadro 2). Caballero (2023) evaluando sandía con diferentes aminoácidos y un testigo, no observó diferencia estadística significativa en el rendimiento de sandía incluso, resultando numéricamente superior el testigo a los resultados obtenidos con un tipo de aminoácido. Zeb *et al*. (2016) mediante aplicación de fósforo en cuatro niveles al rábano no encontró diferencia estadística entre el tratamiento testigo y la dosis de 60 kg/ha del en el rendimiento de planta completa y reportan datos de 23.25 y 29.4 t/ha en tratamientos testigo y el que recibió 60 kg/ha, respectivamente. Los resultados de esta evaluación coinciden con los de Arriaga (2006) quien evaluando chile pimiento morrón mediante aplicación de aminoácidos y un tratamiento testigo con ácido fúlvicos, no encontró diferencia significativa entre los tratamientos en el peso fresco de planta completa.

Conclusiones

No se observaron diferencias significativas debido a que el rábano una hortaliza de ciclo corto

Referencias bibliográficas

Albuquerque, J. R. T., F. V. S. Sá, F. A. Oliveira, E. P. Paiva, E. B. G. Araújo y L. S. Souto, 2016. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de Pepino sob estresse salino. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza 10(2): 486-495.

Davey, M. W., M. V. Montagou and M. Sanmartin. 2000. Plant L-ascorbic acid: Chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. Journal of the Science of Food and Agriculture 80:825-860.

Djurovka, M., V. Markovie, Z. Hin, S. Jevie y B. Lazie. 1997. The effect of nitrogen fertilizer on dry matter contents and minerals elements in radish. Acta Horticulture 1(462):139-144.

Ferreira da Silva, D., C. P. Estela, R. Rodrigues de Souza, J. M. Siueia, V. Faquin, S. M. L. De Souza, *et al*. 2018. Biofortification with selenium and implications in the absorption of macronutrients in *Raphanus sativus* L. Journal of Food Composition and Analysis 86:1-8.

Nascimento de Jesus, A. L., J. C. Nogueira, C. J. Gomes, dos S. y S. N. Alves. 2023. Amino acid-based biostimulant improves the productivity of Radish (*Raphanus sativus* L.) under saline stress. Revista da Universidade Estadual de Alagoas/UNEAL 15(3):55-66.

Zeb, Roshan., G. Ayub, M. Ilyas, M. Ahmad, Luqman, G. Ullah, A. Saeed and Q. ul Ain. 2016. Growth and yield of Radish cultivars as influenced by phosphorus levels. Pure Applied Biology 5(2):213-222.

RESPUESTA FISIOLÓGICA *in vitro* DE *Saccharum* spp. HÍBRIDO c.v CP 72-2086 AL ESTRÉS HÍDRICO Y SALINO

Gustavo Ramírez-Madero[1], Rosalía Núñez-Pastrana[1]*, Regulo Carlos Llarena-Hernández[1], Daniel Arturo Rodríguez-Lagunes[1], Norma Ana Beli Coria-Gil[1] y Norma Flores-Estévez[2]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 94950. Camino antiguo Peñuela-Amatlán. Córdoba, Veracruz. México.
[2]Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, A.P. 250, Xalapa, Veracruz 91090, México.
* Autor de correspondencia: ronunez@uv.mx

Palabras clave: *Estrés salino, Glicófita, Estrés hídrico.*

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp. Híbridos) es una planta herbácea perene con un ciclo fotosintético C_4, es comercialmente cultivada en regiones tropicales y subtropicales del mundo para la obtención de azúcar, bioetanol y energía. Es una especie económicamente importante y se estima que el 80% del azúcar que se consume alrededor del mundo, se obtiene de este cultivo. En México, la caña de azúcar representa el principal cultivo azucarero y su cultivo está ampliamente distribuido por todo el país en seis regiones agroecológicas. Este cultivo se destina principalmente a la producción de azúcar, sin embargo, también es usado para la producción de abonos, alimentos y bebidas alcohólicas. México es actualmente el octavo productor a nivel mundial de este cultivo, el cual produjo 5,224,248 toneladas de azúcar en la zafra 2023/24 siendo Veracruz, Jalisco y San Luis Potosí los estados que aportan más del 56% del volumen nacional (SIAP, 2024). A pesar de existir un amplio catálogo de cultivares en nuestro país, el cultivar CP 72-2086 es el que destaca en términos de producción, y ocupa hasta el 36% del área total sembrada con este cultivo.

El cambio climático se ha posicionado como el principal causante en la disminución de la productividad de los cultivos, esto debido a que aumenta la susceptibilidad a diversos estreses abióticos y su gravedad tiene repercusiones económicas y ecológicas en los sistemas cañeros de todo el mundo. La sequía afecta a más del 30% de las tierras agrícolas, y existen registros donde mencionan una disminución de hasta el 80% de la productividad mundial. Respecto a la salinidad, este problema se presenta en más de 800 millones de tierras agrícolas alrededor del mundo, haciéndose más presente en aquellas que son irrigadas. Las respuestas fisiológicas de las plantas para hacer frente al estrés implican distintas vías de comunicación como las cascadas de transducción de señales y las vías de transducción de fitohormonas. La selección mediada por cultivo de tejidos puede ser una herramienta poderosa para la selección de una excelente tolerancia a la sal a nivel celular, porque permite controlar la homogeneidad del estrés. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar las respuestas fisiológicas *in vitro* que desarrolla la caña de azúcar cuando está bajo la influencia del estrés hídrico y salino.

Materiales y métodos

Establecimiento del material vegetal. Durante el otoño de 2024, se colectaron ápices de plantas sanas y bien desarrolladas del cultivar comercial CP 72-2086, con siete meses de edad. El material vegetal se trasladó al Laboratorio de micropropagación Vegetal, de la Facultad de Ciencias Biológicas Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, donde se inició su establecimiento *in vitro*. Los explantes se lavaron con agua de grifo corriente, se desinfectaron con fungicida (Captan 50 plus®) y bactericida (Intermicin 500®) ambos a una concentración de 1 g/L durante 10 min, para garantizar su asepsia. Primero, los ápices se desinfectaron sumergiéndolos en 90 mL de agua destilada estéril con 2 mL de Microdyn® y 2 mL de Tween® 20 agitándose constantemente durante 5 min. La segunda desinfección consistió en una solución de NaCl (Cloralex®) al 5% v/v, y agitación constante durante 5 min, seguido de tres enjuagues con agua destilada estéril. Las condiciones de incubación y siembra de los explantes se realizó según lo descrito por (Hernández-Pérez *et al*., 2021).

Presión *in vitro.* Para evaluar los efectos *in vitro* de PEG y NaCl, se utilizaron brotes de 2 cm de longitud del cultivar seleccionado obtenidos después de tres subcultivos (30 d cada uno) en la etapa de multiplicación. Los brotes se sembraron en tubos de ensayo que contenían 15 mL de medio semisólido MS sin reguladores de

crecimiento, diferentes concentraciones de PEG 6000 SIGMA™ (0, 1, 1.5 y 5% p/v) para estrés hídrico y diferentes concentraciones de NaCl (0, 50, 100 y 150 mM).

Densidad estomática. La densidad estomática y el porcentaje de estomas cerrados, se evaluó en tres repeticiones en muestras de la tercera hoja del ápice a la base de los explantes en todos los tratamientos. Se untó cuidadosamente esmalte de uñas en el área abaxial total de la hoja y se dejó secar durante aproximadamente 5 min. La película delgada se despegó de la superficie de la hoja, se montó en un portaobjetos de vidrio, se cubrió inmediatamente con un cubreobjetos y luego se presionó ligeramente con pinzas de punta fina. Se contaron los números de estomas (s) y células epidérmicas (e) con ayuda de un microscopio (Axio Lab A1, CARL-ZEISS).

Análisis estadístico. el experimento se realizó con cuatro repeticiones en diseño completamente al azar. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). La normalidad y la homogeneidad de la varianza se probaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos evaluados. Lo primero que observamos es que existe un aumento progresivo en el número de estomas respecto a la concentración de NaCl en el medio de cultivo. En concentraciones de 0 mM de NaCl se observan ~27 estomas, mientras que en una concentración de 150 mM esta cifra aumentó hasta ~55 estomas por mm^2. En cuanto a la cantidad de estomas abiertos esta aumenta hasta la concentración de 100 mM (~34±2) estomas, pero disminuye en concentraciones de 150 mM de NaCl (~19±2) estomas, mostrando una proporción de números de estomas/estomas abiertos del 35% a este nivel de sal. Esto sugiere que, en concentraciones moderadas de salinidad, la planta activa la apertura de estas estructuras, pero en condiciones de estrés fuerte esta apertura se inhibe significativamente, posiblemente como mecanismos de defensa frente al estrés osmótico (Figura 1-①) Estudios en tomate indican que el estrés salino afecta la cinética estomática principalmente por efectos osmóticos, reduciendo la conductancia (gs) y acelerando el cierre estomático (Zhang *et al*., 2022). Respecto al efecto del estrés osmótico ocasionado por el PEG 6000, se puede observar que existe un aumento exponencial en el número de estomas en concentración de 0 al 5% de PEG 6000 con valores de ~40±3 a ~60±6 respectivamente. Algo muy interesante que pudimos observar en los efectos ocasionados por PEG sobre el desarrollo *in vitro* de la caña de azúcar, es que inclusive los niveles más bajos de estrés causan el cierre estomático, mostrando una proporción de estomas totales/estomas abiertos del ~75, ~35, 32 y 13% en las concentraciones de 0,1, 2.5 y 5% de PEG 6000 en el medio, respectivamente (Figura 1-②). Si bien algunos estudios más antiguos muestran mejoría con ABA o CO_2 elevado (Din *et al.*, 2020).

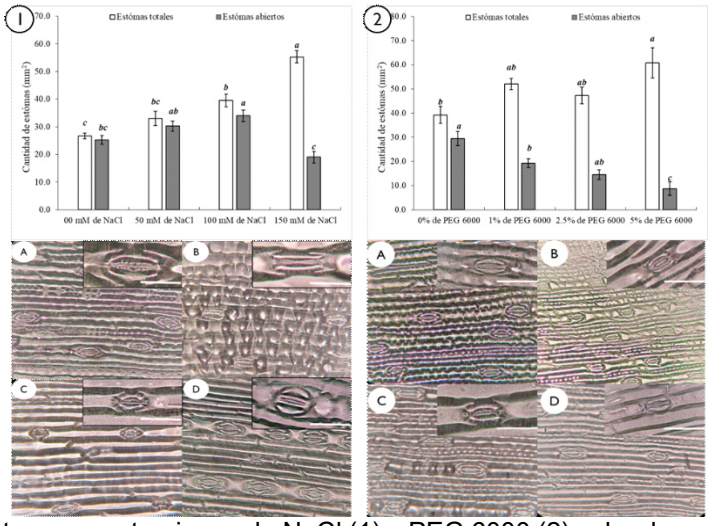


Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones de NaCl (1) y PEG 6000 (2) sobre la respuesta fisiológica en caña de azúcar. A) 0 mM de NaCl; B) 50 mM de NaCl; C) 100 mM de NaCl y D) 150 mM de NaCl. A) 0% de PEG; B) 1% de PEG; C) 2.5% de PEG y D) 5% de PEG de izquierda a derecha. Barras blancas = 50 mm.

Conclusión

Ambos tipos de estrés (salino y osmótico) inducen la formación de más estomas en la hoja, posiblemente como un intento de compensar la pérdida de conductancia en situaciones adversas. Sin embargo, su apertura está fuertemente regulada por el tipo de estrés que se presenta, NaCl; provoca aumento de apertura en niveles moderados, pero saturación del estrés causa cierre y PEG; un estrés hídrico directo cierra estomas desde concentraciones bajas, con una respuesta más lineal y sensible.

Referencias bibliográficas

Hernández-Pérez, C. A., Gómez-Merino, F. C., Spinoso-Castillo, J. L., y Bello-Bello, J. J. 2021. In Vitro Screening of Sugarcane Cultivars (Saccharum spp. Hybrids) for Tolerance to Polyethylene Glycol-Induced Water Stress. Agronomy, 11(3): 598.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Panorama Agroalimentario 2018-2024: La ruta de la Transformación Agroalimentaria. Servicio de Información Agraria y Pesquera. http://www.gob.mx/agricultura|dgsiap/articulos/panorama-agroalimentario-2018-2024-la-herramienta-basica-de-consulta-estadistica-del-sector-agropecuario-y-pesquero?idiom=es

Zhang, Y., Kaiser, E., Li, T., y Marcelis, L. F. M. 2022. NaCl affects photosynthetic and stomatal dynamics by osmotic effects and reduces photosynthetic capacity by ionic effects in tomato. Journal of Experimental Botany, 73(11):3637–3650.

ESTIMACIÓN NO DESTRUCTIVA DEL CONTENIDO DE CLOROFILA EN CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES DIGITALES

Rogelio Miranda-Marini[1,2]*, Nicacio Cruz-Huerta[1], Víctor Arturo González-Hernández[1], Valentín Alberto Esqueda-Esquivel[2] y José Alfredo Carrillo-Salazar[1]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km. 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz, México. C.P. 91700, México.
*Autor de correspondencia: semexa@gmail.com

Palabras clave: *Índices de color, RGB*, *Saccharum officinarum*.

Introducción

La caña de azúcar en México ocupa 843 mil hectáreas, que representa alrededor del 4.2% de la superficie agrícola nacional (SIAP, 2024). En las últimas décadas, ha habido un crecimiento sostenido en la superficie, lo cual ha implicado su establecimiento en áreas con limitaciones edáficas, climáticas y orográficas, disminuyendo la productividad y calidad industrial. La calidad de la caña de azúcar se evalúa en función del número de tallos por hectárea, rendimiento, concentración de sólidos solubles, pureza y sacarosa; sin embargo, la nutrición y sanidad de las plantas son fundamentales para lograr buenos rendimientos. La concentración de clorofila sirve como indicador fisiológico temprano; refleja la capacidad fotosintética y la salud cultivo. El contenido de clorofila se mide mediante métodos destructivos o de referencia que son laboriosos y costosos. Existen métodos no destructivos que estiman el contenido relativo de clorofila, basados en sensores ópticos (SPAD 502, atLEAF), pero son costosos de adquirir y necesitan calibración (Zhang *et al*., 2023). Como alternativa, las imágenes digitales RGB, multiespectrales e hiperespectrales pueden estimar el estado nutricional y sanitario, a través de índices de vegetación (NDVI, NDRE, GCI) derivados de la reflectancia espectral. No obstante, estos requieren bandas especializadas (borde del rojo e infrarrojo cercano). Este trabajo propone una metodología accesible y de bajo costo para estimar clorofila en caña de azúcar con imágenes digitales RGB, mediante relaciones de color y procesamiento algorítmico. Su implementación podría optimizar el monitoreo agronómico, especialmente en regiones con recursos limitados, contribuyendo a una agricultura más precisa y sostenible.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, utilizando plantas de caña de azúcar de los genotipos CP 72-2086 y Co 997, cultivadas a partir de yemas bajo condiciones de riego completo y fertirrigación. A los 90 días tras una poda, se seleccionaron aleatoriamente 80 hojas con distintos grados de madurez, coloración verde y sin daño aparente. En el tercio medio de cada hoja se marcaron las zonas de medición con etiquetas autoadheribles, se registró el contenido relativo de clorofila mediante los dispositivos SPAD 502 (Konica Minolta Optics, Japón) y atLEAF (FT Green LLC, EE.UU.), con tres repeticiones, y se capturaron imágenes digitales (4 repeticiones) con una cámara Sony DSC-F717 (5 Mpx).
El contenido de clorofila a, b y total se determinó por el método de Arnon (1949), mediante extracción con acetona al 80%. El material vegetal fue congelado, macerado con nitrógeno líquido, filtrado y analizado en un espectrofotómetro NanoDrop 8000 a 663 y 645 nm. Las imágenes digitales RGB se analizaron con ImageJ para la obtención de valores numéricos por canal (R, G, B), y con el lenguaje de programación Python y la librería OpenCV; se aplicaron filtros gaussianos, segmentación por agrupamiento y se generaron diversos índices de vegetación derivados de la información espectral. La biblioteca NumPy se utilizó para el procesamiento de datos. Se aplicó análisis de correlación de Pearson con el software R (v4.3.2) entre los índices de color RGB, unidades SPAD y atLEAF, y el contenido de clorofila a, b y total. Se generaron modelos de regresión para predecir la clorofila, considerando valores de $r > 0.9$ como aceptables.

Resultados y discusión

Se observaron correlaciones directas altamente significativas entre los valores de SPAD, atLEAF y el contenido de clorofila a (Cha) y total (Cht) en hojas de caña de azúcar, con coeficientes de correlación superiores a 0.9 (Cuadro 1). Esto indica que ambos sensores ópticos dan confiables del contenido de clorofila, sin diferencias

significativas entre los genotipos. Los resultados coinciden con tendencias reportadas en cultivos como albahaca, lechuga, canola y cereales (Zhu *et al*., 2012), lo que respalda la robustez de este método indirecto. Las correlaciones fueron superiores a las reportadas por otros investigadores, debido a la delimitación e identificación precisa del área de muestreo, extracción y cuantificación de clorofilas por microtécnicas.

Cuadro 1. Ecuaciones de regresión lineal para lecturas de SPAD y atLEAF con la concentración de clorofila.

Correlación	r	Ecuación de regresión
SPAD – atLEAF	0.977 **	SPAD = 1.0107·atLEAF – 10.19
atLEAF – Cht	0.964 **	Cht = 0.0767·atLEAF – 1.1208
SPAD – Cht	0.955 **	Cht = 0.0697·SPAD – 0.1525
atLEAF – Cha	0.956 **	Cha = 0.0629·atLEAF – 0.8345
SPAD – Cha	0.934 *	Cha = 0.0601·SPAD – 0.1381
atLEAF – Chb	0.746	Chb = 0.0098·atLEAF – 0.1123
SPAD – Chb	0.753	Chb = 0.0095·SPAD – 0.0101

Ch_t: clorofila total; Ch_a: clorofila a; Ch_b: clorofila b; SPAD: unidades SPAD; atLEAF: unidades atLEAF; r: coeficiente de correlación; * correlación significativa; ** correlación altamente significativa.

En cuanto a las imágenes digitales, se generaron 26 índices de color a partir de bandas RGB. Los índices G/(R+B), G/(R+G+B) y (2G–B–R)/(R+G+B) mostraron correlaciones directas altas (r > 0.96) con la concentración de clorofila a y total, y R^2 superiores a 0.93 (Cuadro 2). Estos índices permiten estimar de manera precisa la clorofila en hojas de caña de azúcar usando únicamente imágenes RGB convencionales.

Cuadro 2. Correlaciones entre los índices de color y el contenido de clorofila a y total.

Índice de color	R^2 (Ch_t)	r (Ch_t)	R^2 (Ch_a)	r (Ch_a)
G/(R+G+B)	0.938	0.969	0.951	0.975
(2G–B–R)/(R+G+B)	0.938	0.969	0.950	0.975
G/(R+B)	0.940	0.969	0.949	0.974

R^2: coeficiente de determinación, r: coeficiente de correlación de Pearson, Ch_t: contenido de clorofila total, Ch_a: contenido de clorofila a.

Estos modelos de regresión lineal son sencillos y presentan una capacidad predictiva comparable o superior a la reportada en otros cultivos, donde se requieren modelos más complejos. Así, la estimación de clorofila a y total en caña de azúcar mediante imágenes digitales RGB resulta una alternativa ágil, económica y precisa para el monitoreo fisiológico del cultivo.

Conclusiones

Las imágenes RGB permiten estimar clorofila a y total en hojas de caña de azúcar (r=0.93) entre los índices de color basadas en relaciones numéricas basados en el canal verde. Esto ofrece una alternativa **económica, rápida y no destructiva** para el manejo agronómico del cultivo.

Los resultados obtenidos pueden ser considerados para trabajos futuros a partir de imágenes digitales RGB en la determinación de clorofila en caña de azúcar de las variedades CP 72-2086 y Co 997.

Referencias bibliográficas

Arnon I. D. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris. Plant Physiology 24(1):1-15.*

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Datos abiertos 2022. Estadística de producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php (Fecha de consulta: noviembre 2023).

Zhang, H., L. Wang, X. Jin, L. Bian, y Y. Ge. 2023. High-throughput phenotyping of plant leaf morphological, physiological, and biochemical traits on multiple scales using optical sensing. The Crop Journal, 11(5):1303-1318.

Zhu, J., N. Tremblay, y Y. Liang. 2012. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. Canadian Journal of Soil Science, 92(4):645-648.

EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL KOH SOBRE EL RENDIMIENTO DE LIGNINA A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

Alejandro Perez-Rosales[1]*, Liliana Eunice Saucedo-Picazo[2], Alma Velia Ayala-Garay[3], Roberto de la Cruz Díaz-Juárez[1] y Oscar Martín Antúnez-Ocampo[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Zacatepec, Km. 0.5 Carretera Zacatepec, Galeana-Cuautla S/N, Centro, 62780 Zacatepec, Mor.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Edzná, Km 15.5 Carretera Campeche-Pocyaxum, San Francisco de Campeche, México;
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C. E. Valle de México, Carretera Texcoco-los Reyes Km.13.5, Texcoco, Coatlinchan, 56250 Texcoco de Mora, Méx;
[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. E. Iguala, 40054, A Tuxpan 10, Las Américas II, Iguala de la Independencia, Gro.
*Autor para correspondencia: rosales.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Carbono recalcitrante, Humus, Órgano-mineral.*

Introducción

Comúnmente la lignina es un subproducto de la industria papelera (70000 t/año) y de las biorrefinerías. Se aprovecha en la producción de energía de bajo costo y como materia prima para la producción de diversos compuestos químicos, debido a las características de su estructura, así como a los procesos de obtención y aislamiento. En residuos de trigo se han estimado rendimientos de 20.81%, equivalentes a 1.24 t/ha de lignina; mientras que en rastrojos de maíz y arroz, los rendimiento son de 15.0% y 12.3%, respectivamente. La lignina se utiliza en diversos campos, como coagulante, dispersante y adhesivo; en la fabricación de bioplásticos; como aditivo en fertilizantes de liberación lenta; en la producción de insecticidas y saborizantes, como la vainillina; como agente de curtido; como alimento para ganado; y como precursor en la obtención de carbón activado y adsorbentes para la eliminación de metales presentes en el agua, tales como Zn, Fe y Cu. A nivel mundial, se producen entre 0.5 a 3.6 gigatoneladas de lignina cada año. Se estima que, para el 2025, la producción de lignina proveniente de pulpa de papel alcanzará los 66 millones de toneladas, con un precio que varía entre 50 y 500 USD por tonelada. Cabe destacar que el 85% de esta producción se concentra en cinco empresas a nivel mundial (Nadányi *et al*., 2022). La lignina constituye una de las principales fuentes de ácidos húmicos y estimula la actividad biológica que favorece el crecimiento vegetal. Posee la capacidad de interactuar con iones mediante procesos de intercambio, adsorción y quelación. Además, participa en la formación de estructuras granulares del suelo, incrementando la retención de agua, nutrientes, así como interviene en los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno (N) y del carbono (C). Debido a sus múltiples grupos funcionales, la lignina puede adsorber iones metálicos durante la formación de complejos organominerales entre arcilla-carbono orgánico-iones, mejora la fertilidad del suelo y la biodisponibilidad de los nutrientes. En el ámbito de los fertilizantes, la lignina se emplea como adsorbente, transportador de nutrientes y recubrimiento para fertilizantes de lenta liberación (Liang *et al.,* 2023). Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la concentración de hidróxido de sodio (KOH) y el tipo de residuo sobre la extracción y rendimiento de lignina.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, ubicado en Zacatepec, Morelos. Los residuos utilizados fueron tratados a 90°C durante 4 h. en autoclave, con el objetivo de debilitar la estructura lignocelulósica. Posteriormente, se pesaron 8 g de residuos de cascarilla de arroz, estiércol de equino, zacate de maíz seco y molido, zacate de maíz fresco picado y hojarasca de pepino, los cuales se mezclaron en 80 mlL de una solución alcalina de hidróxido de sodio a diferentes concentraciones (1%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%), durante 48 h. a temperatura ambiente. Para obtener la lignina, esta suspensión (licor negro) se precipitó con ácido sulfúrico concentrado hasta alcanzar un pH de 5. Este precipitado se separó por filtración. El exceso de agua presente en el precipitado, se eliminó a través de evaporación a 60°C en la estufa de secado. A la lignina precipitada y seca, se le realizaron tres lavados sucesivos con agua y en agitación constate durante 1 h., a fin de reducir las impurezas derivadas de las reacciones químicas. Después del lavado, cada muestra se secó y se pesó. Las variables medidas fueron °Brix, peso de lignina y rendimiento de lignina (%); se utilizó un

diseño experimental factorial completamente al azar con tres repeticiones. Se determinó el efecto del KOH sobre el contenido de °Brix, por medio de regresión lineal. Se realizó análisis de varianza y comparación múltiple de medias de Tukey, a través del paquete SAS OnDemand for Academics.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en la concentración del NaOH, el tipo de residuos, así como en su interacción, sobre los grados °Brix del extracto antes de la precipitación, el peso seco de lignina y el rendimiento de lignina (Cuadro 1). La hidrolisis alcalina con NaOH es un método de sacarificación que rompe azúcares complejos en azúcares simples, lo que provoca cambios en la estructura y accesibilidad de la pared celular de los residuos orgánicos (Kusmiyati *et al*., 2022).

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de la concentración de NaOH y el tipo de residuo sobre °Brix, peso y rendimiento de lignina.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio		
		°Brix	Peso lignina (g)	Rendimiento lignina (%)
Concentración de NaOH	4	141.21**	1.53**	238.50**
Tipo de residuo	4	14.73**	3.62**	564.87**
NaOH*residuo	16	3.74**	0.32**	49.67**
Error	50	0.69	0.05	408.23
Total	74			
r^2		0.95	0.91	0.91
CV		13.90	31.82	31.80

**α=0.01.

La mayor cantidad de °Brix, peso seco y rendimiento de lignina se obtuvieron con la solución de hidróxido al 10% y 7.5%, mientras que los residuos con mayor aporte en °Brix, peso seco de lignina y rendimiento de lignina fueron la cascarilla de arroz y el estiércol. Se han reportado rendimientos de lignina en cascarilla de arroz del 12.3% y del 13% al 20% en estiércol, siendo en este caso 10.49% y 18.83%, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación múltiple de medias de Tukey de la concentración de NaOH y el tipo de residuo sobre °Brix, peso y rendimiento de lignina.

NaOH (%)	Media			Tipo de residuo	Media		
	°Brix	PL(g)	Rend (%)		°Brix	PL (g)	Rend (%)
10.0	8.33 a	0.83 a	13.36 a	Cascarilla de arroz	7.08 a	0.84 a	10.49 a
7.5	8.25 a	0.99 a	12.47 a	Estiércol	6.97 a	1.51 b	18.83 b
5.0	7.37b	1.0 a	12.52 a	Zacate maíz molido	5.53 b	0.45 cd	5.64 cd
2.5	3.17 c	0.46 b	5.74 b	Zacate maíz fresco	5.15 b	0.56 c	7.00 c
1.0	2.17 d	0.31 b	3.83 b	Hojarasca de pepino	5.06 b	0.24 d	2.95 d
DMS	0.8557	0.2362	2.9525	DMS	0.8557	0.2362	2.95

PL= Peso de lignina. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes. α=0.05

La interacción entre la concentración de NaOH y el tipo de residuo que obtuvieron el mayor contenido de °Brix fueron el 10% y cascarilla de arroz, seguida por el 7.5% y estiércol; mientras que, para el peso y rendimiento de lignina, los mayores valores se determinaron con la concentración del 5% y el estiércol (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias de Tukey de la interacción entre la concentración de NaOH y el tipo de residuo sobre °Brix, peso y rendimiento de lignina.

Interacción		°Brix	Interacción		PL(g)	Interacción		Rend (%)
NaOH (%)	Residuo		NaOH (%)	Residuo		NaOH (%)	Residuo	
10	CA	11.63d	5	ES	2.01e	5	ES	25.17f
7.5	ES	11.40ad	7.5	ES	1.94be	7.5	ES	24.25bf
10	ES	9.73adg	10	ES	1.73beg	10	ES	21.59bfh
7.5	CA	8.90aeg	2.5	ES	1.49bde	2.5	ES	18.63bdfh

Interacción		°Brix	Interacción		PL(g)	Interacción		Rend (%)
NaOH (%)	Residuo		NaOH (%)	Residuo		NaOH (%)	Residuo	
10	HP	8.40eg	5	CA	1.31abde	5	CA	16.34abdfh
5	ES	8.17beg	10	CA	1.23abdf	10	CA	15.42abdgh
5	MF	8.13beg	7.5	MF	1.20acdfg	7.5	MF	15.00acdghi
5	MM	7.77beg	5	MF	0.90acdfh	5	MF	11.29acdgi
7.5	MM	7.53beg	7.5	MM	0.79acdfhi	7.5	MM	9.92acdgij
10	MF	7.27beg	7.5	CA	0.73acfhi	7.5	CA	9.13acgij
10	MM	7.13beg	1	CA	0.67acfhi	1	CA	8.34acgij
5	CA	7.03beh	5	MM	0.52cfhi	5	MM	6.54cgij
7.5	MF	6.77beh	10	MF	0.49chi	10	MF	6.13cij
7.5	HP	6.63beh	10	MM	0.45hi	10	MM	5.63ij
5	HP	5.73bfh	1	ES	0.36hi	1	ES	4.50ij
2.5	CA	4.43cfh	7.5	HP	0.32hi	7.5	HP	4.04ij
2.5	ES	3.57cfi	5	HP	0.26hi	5	HP	3.25ij
1	CA	3.40cfi	2.5	CA	0.26hi	2.5	CA	3.25ij
2.5	MM	3.30cfi	2.5	MM	0.25hi	2.5	MM	3.17ij
2.5	HP	2.53ci	10	HP	0.24hi	10	HP	3.05ij
DMS		2.6164	DMS		0.7222	DMS		9.0271

CA= Cascarilla de arroz; Es= Estiércol; MM= Zacate de maíz molido; MF= Zacate de maíz fresco; HP=Hojarasca de pepino; PL= Peso de lignina; Rend= Rendimiento. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes. α=0.05

Se observó una tendencia lineal entre los grados Brix presentes en el licor negro y la concentración de NaOH, debido a que los compuestos de carbono recalcitrante tienden a solubilizarse en un medio alcalino (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de regresión lineal para el efecto de la concentración de NaOH sobre °Brix en 5 tipos de residuos.

FV	G. L.	Cuadrado medio				
		CA	ES	MF	MM	HP
Modelo	1	133.24**	160.60**	76.38**	61.75**	86.45**
Error	13	0.27	3.52	3.76	2.58	0.69
Total	14					
r^2		0.97	0.78	0.61	0.65	0.91
CV		7.34	26.93	37.67	29.05	16.36
Pendiente		0.91	1.00	0.69	0.62	0.74
Ordenada al origen		2.33	1.76	1.55	2.30	1.24

FV= Fuente de variación; G. L.= Grados de Libertad. CA= Cascarilla de arroz; Es= Estiércol; MM= Zacate de maíz molido; MF= Zacate de maíz fresco; HP=Hojarasca de pepino. ** α=0.01.

Conclusiones

A partir de la concentración del 5% de NaOH es posible extraer lignina; el mayor rendimiento de lignina se obtuvo en las concentraciones de 7.5% y 10%. Los residuos con mayor rendimiento de lignina son el estiércol y la cascarilla de arroz. Los °Brix pueden ser utilizados como un indicador del contenido de lignina presente en el licor negro.

Referencias bibliográficas

Kusmiyati, K., Hadiyanto, H., & Fudholi, A. 202). Treatment updates of microalgae biomass for bioethanol production: A comparative study. Journal of Cleaner Production, 383: 135236.

Liang, J., Huo, P., Mo, X., Zhang, L., Fan, X., & Sun, S. 2023. Fostering Sustainable Banana Cultivation: Maximizing Red Soil Performance with Lignin-Based Humic Acid Liquid Fertilizer. Agriculture Communications, 1(2): 100018.

Nadányi, R., Ház, A., Lisý, A., Jablonský, M., Šurina, I., Majová, V., & Baco, A. 2022. Lignin Modifications, Applications, and Possible Market Prices. Energies, 15(18): 6520.

CARACTERIZACIÓN DE LA TEXTURA, CIC Y BASES INTERCAMBIABLES EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DEL ESTADO DE MORELOS

Alejandro Perez-Rosales[1]*, Edwin Javier Barrios-Gomez[1], Mariangualdalupe Hernández-Arenas[1], Sandra Eloísa Rangel-Estrada[1] y Jaime Canul-Ku[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatepec, Km. 0.5 Carretera Zacatepec, Galeana-Cuautla S/N, Centro, 62780 Zacatepec, Mor.
*Autor para correspondencia: rosales.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Arcilla, Fertilidad, Sitios de intercambio*.

Introducción

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es un indicador de la capacidad de los suelos para retener e intercambiar cationes, está determinada por el contenido y tipo de arcilla, pH, material parental y la actividad biológica. Se basa en la cuantificación de los sitios de intercambio en la superficie de las arcillas, expresado en $cmol_{(+)}$/kg o meq/100 g de suelo. La CIC representa las cargas eléctricas presentes en las arcillas del suelo que potencialmente pueden ser ocupadas por los cationes (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, H^+, Al^{+3}); dichas cargas se originan a través del intemperismo de las arcillas y se clasifican en cargas permanentes (sustitución isormórfica) y cargas dependientes de pH. En suelos ácidos, la saturación por H^+ en los sitios de intercambio limita la adsorción de las bases intercambiables (BI) (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+), ocasionando deficiencias de estos elementos; por el contario en suelos alcalinos al no estar presente el H^+, los sitios de intercambio son ocupados por las bases que predominen en cada suelo (metales, metales alcalinos o metales alcalinotérreos) de acuerdo al material de origen de estos, por lo que, los suelos alcalinos tendrán valores mayores en BI que los suelos ácidos. La CIC depende de la actividad de la fracción arcillosa (partículas <2 µm), sin embargo, esta relación es variable a causa de las diferentes CIC que poseen estos minerales; en algunos suelos esta variación en la CIC puede explicarse a través del contenido total de arcilla, por lo que el contenido total de arcilla es usado como un predictor de la CIC. La CIC no solo se emplea como indicador de la calidad y productividad de los suelos, sino también, con fines de clasificación y taxonomía. Por otro lado, existen numerosos métodos para la determinación de la CIC y las BI, no obstante, en todos ellos se utiliza un catión indicador para la saturación de los sitios de intercambio, cuyos resultados presentan variaciones (sub o sobre estimación) de acuerdo al catión indicador, pH de la solución extractora y el pH del suelo; a pesar de esta condición, de manera general los valores obtenidos de la CIC tienden a ser mayores que el valor de las BI, es decir, la CIC>BI (Khaledian *et al*., 2017; Schoonheydt *et al*., 2018; Zhu y Sun, 2024). El objetivo del presente trabajo fue describir el efecto del pH sobre la distribución de la CIC, bases intercámbiales y micronutrientes en los suelos del Estado de Morelos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el municipio de Zacatepec, Morelos. Se realizaron 488 muestreos de suelos agrícolas en los primeros 30 cm de profundidad, dentro del estado de Morelos, los cuales fueron analizados para textura, densidad aparente, pH, C.E., M. O., N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, BI y CIC, en el Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del Campo Experimental Bajío del INIFAP y en el laboratorio de la Dirección General de Suelos y Agua de la Universidad Autónoma Chapingo; las variables evaluadas se determinaron mediante los siguientes métodos: pH, relación agua suelo 2:1; fosforo, solución Olsen-espectrofotometría de UV-VIS; conductividad eléctrica, relación agua suelo 2:1; materia orgánica, Walkley & Black; nitrógeno inorgánico, KCl 2N-Kjeldahl y valorado con ácido sulfúrico; cationes extractables, acetato de amonio 1N-absorción atómica (ASS); micronutrientes, DTPA 0.005 M-AAS; densidad aparente, método de la probeta; CIC, Tiourea de plata 0.01 M y Textura: Bouyoucos. Los resultados se clasificaron en dos grupos, suelos ácidos (pH<7) y alcalinos (pH>7.01), en cada grupo se utilizaron medidas de tendencia central para las variables de fertilidad. Para el análisis de la distribución de las bases intercambiables se separaron en metales, metales alcalinos y metales alcalinotérreos, posteriormente se estimó su proporción relativa (%). Se realizó análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, en las variables de CIC, contenido de arcilla y bases intercambiables. Los datos se procesaron en hoja de cálculo de Microsoft Office Professional Plus 2016.

Resultados y discusión

El rango de valores de pH en los suelos ácidos analizados fue de 3.9 a 7.0, siendo la media de 5.7, así mismo, los valores de arcilla y CIC fueron 26.7 g/100 g suelo y 16.4 meq/100 g de suelo, respectivamente. En estos suelos las bases predominantes son Ca y Mg con 10.9 y 4.3 meq/100 g de suelo, respectivamente, mientras que para los micronutrientes se encontró que los mayores valores fueron para el Fe y el Mn con 36.8 y 34.3 mg/kg de suelo, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medidas de tendencia central para las variables de fertilidad en suelos ácidos de Morelos.

Var	Arc	Dap	pH	CE	M.O	N	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg	K	Na	CIC
	g/100 g de suelo	g/cm^3		dS/m	%	mg/kg de suelo						Meq/100 g de suelo				
$\overline{X}$	26.7	1.1	5.7	0.2	3.2	23.1	19.1	36.8	2.1	1.2	34.3	10.9	4.3	1.1	0.7	16.4
Min	4.0	0.7	3.9	0.0	0.6	0.0	0.1	2.4	0.3	0.0	1.2	2.0	0.2	0.1	0.2	4.0
Max	60.7	1.6	7.0	1.9	20.8	168.0	202.2	162.2	20.7	27.5	257.3	59.8	54.1	7.1	7.0	58.2
S^2	13.4	0.1	0.7	0.3	2.2	23.9	28.5	26.6	2.4	2.1	39.1	8.0	4.4	0.9	0.6	9.9
S	0.5	0.1	0.1	1.4	0.7	1.0	1.5	0.7	1.1	1.7	1.1	0.7	1.0	0.8	0.9	0.6
Cv	180.8	0.0	0.5	0.1	4.7	569.2	809.7	710.0	5.8	4.4	1530.6	63.8	19.5	0.9	0.4	97.6
n	264	270	282	266	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	276

En los suelos alcalinos el rango del pH fue de 7.01 a 8.8, con una media de 7.7. Para el contenido de arcilla se determinó 32.5 g/100 g de suelo, CIC 33.7 meq/100 g de suelo. Las BI con mayor proporción en estos suelos fueron Ca y Mg con 27.1 y 7.0 meq/100 g de suelo. En cuanto a los micronutrientes el Fe y el Mn presentaron valores de 14.9 y 15.5 mg/kg de suelo, respectivamente (Cuadro 2). En los suelos alcalinos, se presentó una mayor CIC y BI que en los suelos ácidos, así mismo se apreció que en ambos casos, las bases predominantes son el Ca y el Mg, así como el Fe y el Mn en cuanto a los micronutrientes.

Cuadro 2. Medidas de tendencia central para las variables de fertilidad en suelos alcalinos de Morelos.

Var	Arc	Dap	pH	CE	M.O	N	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg	K	Na	CIC
	g/100 g de suelo	g/cm^3		dS/m	%	mg/kg de suelo						Meq/100 g de suelo				
$\overline{X}$	32.5	1.2	7.7	0.4	2.5	24.4	33.2	14.9	1.8	1.9	15.5	25.1	7.0	1.2	0.7	33.7
Min	3.96	0.8	7.01	0.0	0.5	0.0	0.5	0.3	0.2	0.1	1.0	5.0	0.4	0.1	0.0	7.1
Max	66.0	12.5	8.8	1.7	11.1	220.5	379.4	119.0	16.5	24.2	98.3	74.1	35.3	6.0	1.9	77.0
S^2	154.3	0.8	0.2	0.1	1.5	328.8	2064.8	260.9	4.5	11.2	165.1	127.6	14.9	0.8	0.2	145.1
S	12.4	0.9	0.4	0.4	1.2	18.1	45.4	16.2	2.1	3.4	12.9	11.3	3.9	0.9	0.4	12.0
Cv	0.4	0.8	0.1	1.0	0.5	0.7	1.4	1.1	1.2	1.7	0.8	0.5	0.6	0.8	0.6	0.4
n	164	164	269	88	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	268

El contenido de arcilla en los suelos ácidos presenta una tendencia lineal con la CIC, sin embargo, en los suelos alcalinos se obtuvo una mayor CIC (Figura 1a). Para ambos grupos de suelos el catión predominante es el Ca, seguido por el Mg, siendo estos mayores en los suelos alcalinos: ambos grupos de suelos estos cationes tienen una tendencia lineal con la CIC (Figura 1b), esto se debe a que en los suelos de manera natural el calcio se encuentra en mayor abundancia que el magnesio, de acuerdo con la serie liotrópica catiónica en suelos $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > Na^{+}$ (Chaganti *et al*., 2017).

Debido a que las BI están constituidas por metales alcalinos (K, Na) y metales alcalinotérreos (Ca, Mg), su presencia y distribución son dependientes del material de origen y de los procesos de formación de los suelos, por ello, al disgregarlos por su naturaleza química se presenta una relación dependiente entre estos, es decir a medida que uno incrementa el otro disminuye, siendo los de mayor proporción los metales alcalinotérreos que los metales alcalinos. Para los suelos ácidos se determinó que la proporción relativa del Ca y Mg fue del 80%, en relación al K y Na, de este porcentaje el Ca representa el 81% del total, mientras que en los suelos alcalinos se encontró el 90% para calcio y Mg, del cual el 86% corresponde únicamente al Ca (Figura 2).

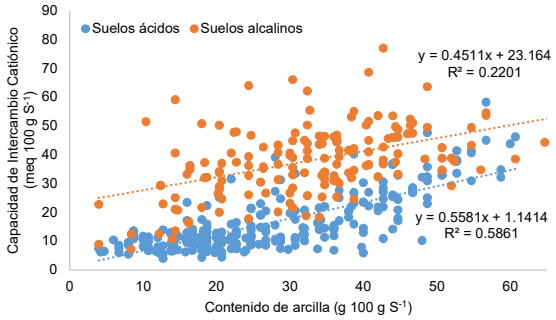


Figura 1a. Relación entre el contenido de arcilla y la CIC.

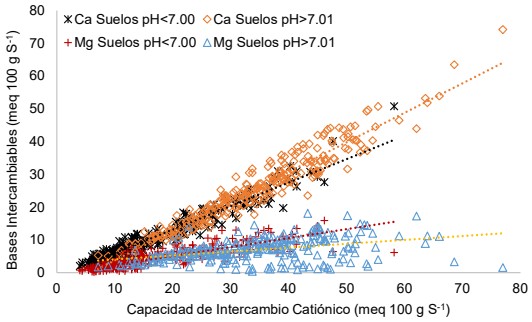
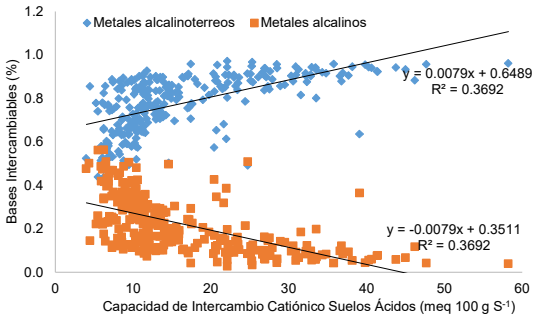


Figura 1b. Relación entre la CIC y las BI.



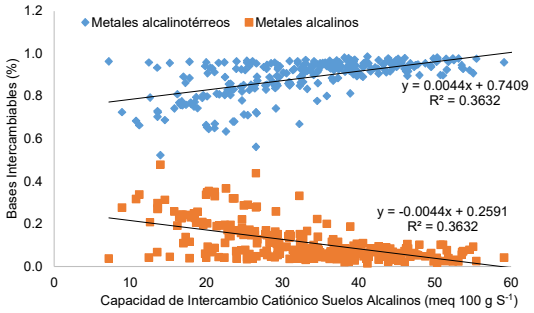


Figura 2. Efecto de la CIC del suelo sobre las BI (metales alcalinos y metales alcalinotérreos).

Conclusiones

Lo suelos con mayores valores de CIC, se encontraron en los suelos alcalinos, así mismo mayor contenido en las bases de intercambio. Las bases con mayor abundancia en ambos grupos de suelos son Ca y Mg, asimismo, tanto en los suelos ácidos como alcalinos el Ca es el catión con mayor presencia.

Referencias bibliográficas

Chaganti, V. N., and S. W. Culman. 2017. Historical perspective of soil balancing theory and identifying knowledge gaps: A review. Crops & Soils 51(1):40-47.

Khaledian, Y., E. C. Brevik, P. Pereira, A. Cerdà, M. A. Fattah and H. Tazikeh. 2017. Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. CATENA 158:194-200.

Schoonheydt, R. A., C. T. Johnston and F. Bergaya. 2018. Clay minerals and their surfaces. p. 1-21. In: Developments in clay science. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102432-4.00001-9

Zhu, J. and Z. Sun. 2024. Estimation of Cation Exchange Capacity for Low-Activity Clay Soil Fractions Using Experimental Data from South China. Agronomy 14(11):2671.

Agradecimientos

A la oficina de la representación de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en Morelos, por las facilidades otorgadas para el acceso a los resultados de los análisis de fertilidad para los suelos agrícolas del estado de Morelos.

RESPUESTA MORFOLÓGICA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp. VAR. CP 72-2086) A LA INOCULACIÓN CON SPECTRUM® MICORADIX L, DURANTE LA ETAPA DE GERMINACIÓN

Monserrat Sorcia-Morales[1]*, Tania Romero-Figueiras[1], Wendy Espinoza-Sandoval[1], Arturo Alonso Armas-Silva[1], Fátima Ocsiris Tapia-Ramírez[1] y Jaime Peña-Sánchez[1]

[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Agricultura Sustentable y Protegida, Av. *Universidad* No.350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Localidad Dos Caminos, Cuitláhuac*, Veracruz, México*. C.P. 94910.
*Autor de correspondencia: monserrat.sorcia@utcv.edu.mx

Palabras clave: *Biofertilizantes, Simbiosis micorrízica, Germinación, Microbiota del suelo*, *Azospirillum brasilense*.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo de gran relevancia agroindustrial, ampliamente utilizado en la producción de azúcar, etanol y subproductos energéticos (FAO, 2020). Su desarrollo inicial, especialmente el enraizamiento, es crucial para una adecuada absorción de agua y nutrientes. En este contexto, el uso de bioinoculantes, como *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices,* ha demostrado ser una alternativa sostenible para promover el crecimiento radicular mediante mecanismos de fijación biológica de nitrógeno y simbiosis micorrízica (Bashan y de-Bashan, 2010; Smith y Read, 2008). Estos microorganismos benefician tanto a la planta como al suelo, al aumentar la disponibilidad de nutrientes y mejorar su estructura. Evaluar su efecto en etapas tempranas de la caña podría contribuir a prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. Por ello, se tiene como objetivo determinar la respuesta morfológica de caña de azúcar (*Saccharum* spp. Var. CP 72-2086) a la inoculación con Spectrum® MicoRadix L, durante la etapa de germinación.

Materiales y métodos

El experimento se realizó con yemas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de la variedad CP 72-2086, con una longitud aproximada de 8 cm. Las yemas fueron inoculadas por imbibición con el bioinoculante comercial Spectrum® MicoRadix L, que contiene *Azospirillum brasilense* (1.75×10^{11} UFC/mL en 7 mL de hidrogel) y *Glomus intraradices* (40,000 esporas viables/mL en 7 mL de hidrogel). Se prepararon tres dosis del inoculante: 1 mL/L, 2 mL/L y 3 mL/L, además de un tratamiento testigo sin inoculación. Las yemas se sumergieron durante 30 minutos en soluciones correspondientes a cada dosis y posteriormente se sembraron en bolsas de polipropileno de 27 × 27 cm, llenas con sustrato de tierra negra. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento y 25 yemas por repetición. A los 30 días después de la inoculación, se evaluaron las siguientes variables de desarrollo: altura del tallo, grosor del tallo, número de hojas, longitud de la hoja, longitud de la raíz y número de raíces. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía utilizando el software SPSS®, versión 23, considerando un nivel de significancia del 5%.

Resultados y discusión

La aplicación de diferentes concentraciones del inoculante Micorrizas/*Azospirillum* produjo variaciones significativas en la longitud y grosor del tallo, número y longitud de hojas, así como en el número y longitud de raíces. Para la variable altura del tallo, grosor del tallo y número de hojas por planta no se encontraron diferencias significativas (Figura 1a, b, c). En la longitud de la hoja se presentó mayor longitud con 42.35 cm, en el tratamiento con 1mL/L (Figura 1d).

En la Figura 2 se muestra el efecto de Spectrum® MicoRadix L, en la germinación de caña de azúcar.

Respecto al sistema radicular, los tratamientos con 0, 1 y 3 mL/L mostraron el mayor número de raíces, mientras que, el tratamiento con 2mL/L tuvo la menor cantidad (Figura 3a).

La mayor longitud de raíz también correspondió al tratamiento con 1mL/L y la menor longitud el tratamiento con 0mL/L (Figura 3b). En la Figura 4, se muestra el efecto de las diferentes dosis.

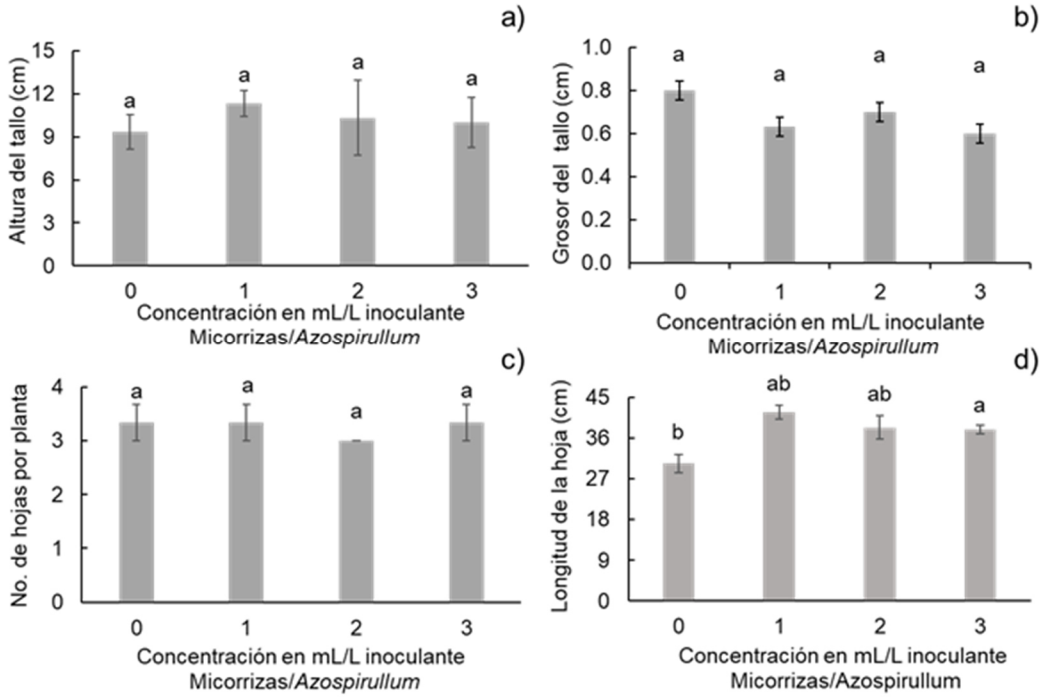


Figura 1. Efecto de Spectrum® MicoRadix L, en la germinación de caña de azúcar (*Saccharum* spp. *Cv.* CP 72-2086). a) altura del tallo, b) grosor del tallo, c) No, de hijas por planta, d) Longitud de la hoja.

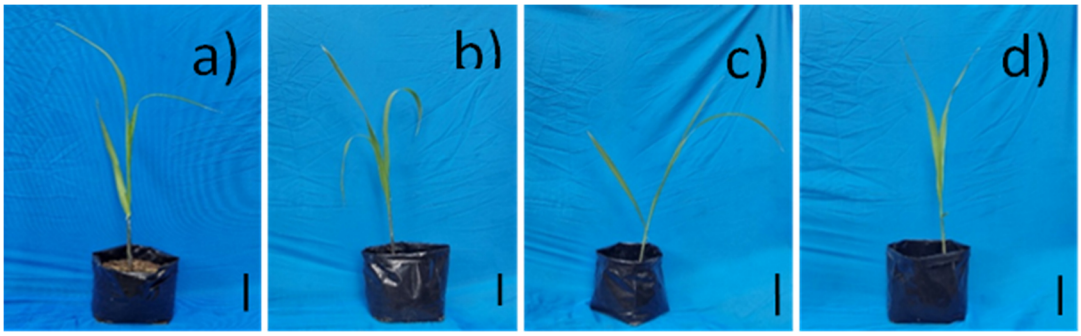


Figura 2. Efecto de Spectrum® MicoRadix L, en la germinación de caña de azúcar (*Saccharum* spp. *Cv.* CP 72-2086) con diferentes dosis del inoculante: a) 0mL/L, b) 1 mL/L, c) 2 mL/L y d) 3 mL/L.

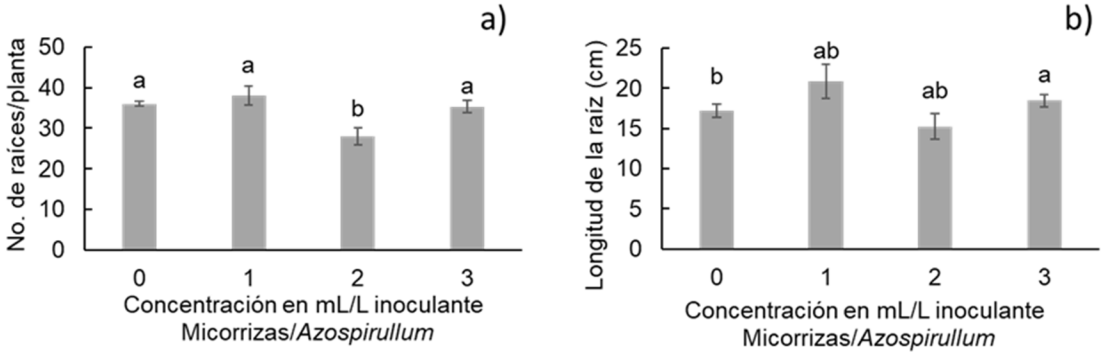


Figura 3. Efecto de Spectrum® MicoRadix L, en el sistema radicular de yemas de caña de azúcar (*Saccharum* spp. *Cv.* CP 72-2086). a) Número de raíces por planta b) longitud de la raíz.

Figura 4. Efecto de Spectrum® MicoRadix L, en el sistema radicular de yemas de caña de azúcar (*Saccharum spp. Cv.* CP 72-2086). con diferentes dosis del inoculante:(a-d) 0mL/L 1 mL/L, 2 mL/L y 3 mL/L.

Los resultados indican que la aplicación del inoculante Micorrizas/*Azospirillum* tuvo un efecto positivo en varias variables de crecimiento en caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. CP 72-2086), especialmente en el desarrollo radicular. El tratamiento 2 mL/L fue el más eficiente, mostrando los mejores valores en longitud de tallo, número de hojas, número de raíces y longitud de raíz, lo cual sugiere una adecuada simbiosis y estimulación del sistema radicular, posiblemente debido a la fijación biológica de nitrógeno por *Azospirillum brasilense* y la mejora en la absorción de nutrientes facilitada por *Glomus intraradices* (Bashan y de-Bashan, 2010; Smith y Read, 2008).

Conclusiones

La aplicación del inoculante Micorrizas/*Azospirillum* a una concentración de 2 mL/L (T2) favoreció significativamente el desarrollo de caña de azúcar en etapa temprana, especialmente en variables radiculares. Estos resultados respaldan su uso como una herramienta biotecnológica para mejorar el establecimiento del cultivo. Se recomienda realizar evaluaciones a lo largo del ciclo productivo para confirmar su efecto en etapas posteriores y validar su viabilidad agronómica a escala comercial.

Referencias bibliográficas

Bashan, Y. y L. E. de-Bashan. 2010. How the plant growth-promoting bacterium Azospirillum promotes plant growth — a critical assessment. Advances in Agronomy 108, 77–136.
FAO (Food and Agriculture Organization). 2020. Sugar crops statistics.
Smith, S. E. y D. J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3ra ed. Academic Press. London, England. 787 p.

PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE VARIEDADES DE ARROZ DE GRANO GRUESO EN NAYARIT

Enrique Inoscencio Canales-Islas[1]*, Edwin Javier Barrios-Gómez[2], Jaime Canul-Ku[2], Marianguadalupe Hernández-Arenas[2], Juan Patishtan-Pérez[3], Gerardo Colín-García[4] y Oswaldo Hernández-López[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla,
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec,
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas,
[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Centro de Chiapas
[5]Universidad Tecnológica de la Costa.
*Autor de correspondencia: canales.enrique@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Oryza sativa L., Rendimiento, Adaptación*, *Variedades Mejoradas*.

Introducción

El arroz es el alimento básico de más de 3,500 millones de personas en el mundo (CGIAR, 2016), es considerado un grano básico para la alimentación de los mexicanos. En México se consumen aproximadamente 1.2 millones de toneladas de arroz palay, en el año agrícola 2024 se tuvo una producción de 219,587.87 t en 31,346 hectáreas sembradas, con una media nacional de rendimiento de grano de 7.01 t/ha (SIAP, 2025).

En 2024, en Nayarit se produjeron 80,152.95 t en 10,691 ha sembradas en otoño-invierno, con riego, y en primavera-verano, bajo temporal y riegos de auxilio. La media de rendimiento fue de 7.5 t/ha (SIAP, 2025). No obstante, hay productores que cosechan más de 12 t/ha, con el uso de alguna tecnología. En los años 2017, 2018 y 2021 el estado de Campeche fue el principal productor de arroz, y en los años 2019, 2020, 2022, 2023, y 2024 el estado de Nayarit fue el principal productor de arroz en México. El arroz es un cultivo importante en Nayarit, pues se cuenta con las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, y cuenta con la infraestructura de riego necesaria para aumentar la productividad a nivel estatal. La producción de arroz en Nayarit se concentra en los municipios de Santiago Ixcuintla, Rosamorada, San Blas, Xalisco, Bahía de Banderas y Ruiz.

Grupos de productores de arroz de Nayarit le han hecho saber al INIFAP las necesidades tecnológicas que se presentan en el campo para que puedan mantener y aumentar sus rendimientos de grano de arroz, y entre ellas resalta la escasa o nula disponibilidad de semilla certificada (y otras categorías) de nuevas variedades mejoradas de arroz. También requieren de variedades de arroz tolerantes a enfermedades (*Pyricularia*), y de variedades de arroz de ciclo precoz (de grano delgado y de grano grueso). El INIFAP genera tecnologías para los productores de arroz en México con la finalidad de aumentar los rendimientos de grano de arroz a nivel nacional, y así colaborar en el objetivo de lograr la autosuficiencia alimentaria local, regional, estatal y nacional. Las tecnologías son las variedades mejoradas de arroz junto con sus paquetes tecnológicos, y para lograr la liberación comercial de las variedades mejoradas es necesario probarlas en ambientes contrastantes y seleccionar a las mejores por su adaptación y por su potencial productivo.

En Nayarit se siembran únicamente dos variedades, Milagro Filipino (de grano grueso y panza blanca), y la variedad IRGA 424 (de grano largo-delgado), son las variedades que, por sus características de grano, comúnmente solicita la industria molinera del arroz. Los productores de grano de arroz de Nayarit requieren de una mayor cantidad de variedades de arroz de grano grueso y de grano delgado, requieren que se les facilite la adquisición de semilla registrada y certificada de calidad para mejorar la productividad de grano en sus parcelas. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la productividad de grano de doce variedades experimentales de arroz de grano grueso en comparación con el testigo comercial Nayarita 22 en el ciclo primavera-verano 2024 en el estado de Nayarit.

Materiales y métodos

Se utilizó semilla de 10 variedades experimentales de arroz de grano tipo Morelos, dos variedades experimentales de grano grueso tipo Milagro Filipino y la variedad comercial Nayarita 22, las cuales fueron obtenidas y mejoradas por el INIFAP. El experimento se estableció en la localidad de Sauta, Santiago Ixcuintla, Nayarit, en condiciones

de temporal y riegos de auxilio en el ciclo primavera-verano 2024. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo una superficie de un metro de ancho por cinco metros de largo, con calles de 50 cm de ancho entre tratamientos. Las variables evaluadas fueron rendimiento, excersión, longitud de panícula, granos por panícula, longitud de hoja bandera, peso de mil granos, altura de planta, número de macollos por planta, y porcentaje de materia seca. Se realizó un análisis de varianza, y una comparación de medias por el método de Tukey para las variables evaluadas, con el programa estadístico de SAS.

Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas entre variedades en el rendimiento de grano de arroz palar, granos por panícula, peso de mil granos y altura de planta; hubo significancia en las variables excersión y en el número de macollos por planta. Las variedades evaluadas de arroz de grano grueso son genéticamente diferentes por su origen y por su proceso de mejoramiento. La media general de rendimiento de grano de arroz palay en el experimento fue de 9 402 kg/ha, tuvo un coeficiente de variación 11.6%. En el resto de las variables los coeficientes de variación oscilaron desde 3.6% en el peso de mil granos de arroz, hasta 19.7% en el número de macollos por planta, estos porcentajes fueron aceptables bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento (Cuadro 1). Las variedades presentaron moderada susceptibilidad a la enfermedad *Pyricularia oryzae*, lo cual, pudo tener un efecto negativo en la expresión del rendimiento de grano de arroz.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para el rendimiento de grano de arroz palay y otras variables de variedades experimentales de arroz evaluadas en Sauta, Santiago Ixcuintla, Nayarit. Ciclo Primavera – Verano 2024.

Variables	Fuentes de variación				
	Variedad	Bloque	Error	C. V.	Media
G. L.	12	2	24		
Rendimiento (kg/ha)	36479436**	3576115	1198929	11.6	9402
Excersión (cm)	0.38*	0.76**	0.13	19.57	0.6
Longitud de panícula (cm)	8.6	10	6	9.8	25.1
Granos por panícula	1983**	369	409	18.2	110.9
Longitud de hoja bandera (cm)	70.8	1.4	36	19.0	31.3
Peso de mil granos (g)	128.7**	12.1*	2.7	3.6	45.13
Altura de planta (cm)	434.4**	33.5	28	5.4	98.04
Macollos por planta	6.6*	49**	2.25	19.7	7.2
Porcentaje de materia seca	0.41	0.11	0.28	0.61	86.3

G. L.: Grados de libertad; C. V.: Coeficiente de variación; ****:** Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); *: Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Las variedades mejoradas de arroz que presentaron los mejores rendimientos de grano fueron Milagro Milver con 13,356 kg/ha, seguida de Milagro Filipino Veracruz con 12,656 kg/ha, y Nayarita 22 con 12,413 kg/ha, estas variedades fueron de tipo Milagro Filipino. El resto de las variedades fueron de grano grueso tipo Morelos, las variedades con el rendimiento de grano más bajo fueron la 627 con 4,978 kg/ha, y la 614 con 6 494 kg/ha (Cuadro 2). Diez variedades mejoradas de arroz presentaron rendimientos promedio superiores a la media nacional del año 2024 de 7.01 t/ha (SIAP, 2025), a excepción de las variedades de arroz 628, 614 y 627.

La variedad con mayor altura de planta fue la 624 con 115.2 cm en promedio, esta variedad no se recomienda para las zonas de producción por su altura y debido a que es susceptible al acame por el peso de la panícula y por su altura de planta. Los granos por panícula fueron desde los 89 en la variedad 628, hasta los 173 en la variedad Milagro Filipino Veracruz. El peso de mil granos osciló desde los 39.2 g en la variedad 627, a los 57.6 g en la variedad Milagro Filipino Veracruz. El número de macollos por planta fue de cuatro en Milagro Milver, hasta nueve en la variedad 627, esta variable depende de la densidad de siembra que se establezca y de la efectividad del control de maleza en el campo, pues la competencia entre plantas de arroz y de malezas limita el amacollamiento en las plantas de arroz (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento medio de variedades de arroz para el rendimiento (kg/ha), y otras variables, evaluadas en Sauta, Santiago Ixcuintla, Nayarit. Ciclo Primavera – Verano 2024.

Líneas	Rendimiento (kg/ha)	Granos por panícula	Peso de mil granos	Altura de planta	Macollos por planta	Excersión
Milagro Milver	13 356 a	122 abc	53 a	71.3 d	4 b	0.2 a
Milagro Filipino Veracruz	12 656 a	173 a	57.6 a	79.7 dc	4 b	0.3 a
Nayarita 22	12 413 a	157 ab	57 a	110.3 ab	8 ab	0.3 a
619	8 962 b	106 bc	39.7 d	106.3 ab	9 a	0.4 a
621	8 951 b	92 c	41.2 cd	98.3 b	6 ab	1.0 a
626	8 549 b	103 bc	46.7 b	102.7 ab	8 ab	0.3 a
624	8 513 b	94 c	44.8 bc	115.2 a	8 ab	1.1 a
615	8 361 b	97 bc	42.8 bcd	101.7 ab	7 ab	0.5 a
620	7 729 bc	97 bc	39.5 d	94.6 bc	8 ab	0.9 a
613	7 727 bc	103 bc	41.3 cd	108.2 ab	7 ab	0.3 a
628	6 537 bc	89 c	43.5 bcd	94.7 bc	8 ab	0.3 a
614	6 494 bc	97 bc	40.6 cd	95.9 b	7ab	0.9 a
627	4 978 c	112 bc	39.2 d	95.5 b	9 a	1.13 a

Letras iguales definen un sólo grupo de significancia (no hubo diferencias significativas); letras diferentes definen diferentes grupos de significancia.

Conclusiones

Las variedades experimentales de arroz de grano grueso con la mayor productividad fueron Milagro Milver, Milagro Filipino Veracruz, 619, 621, 626 y 624, por su mejor adaptación a las condiciones ambientales que prevalecieron en el ambiente de prueba. Estas variedades experimentales deben seguirse evaluando en ciclos agrícolas posteriores para obtener variedades comerciales para las zonas arroceras del Estado de Nayarit, tolerantes a plagas, enfermedades, y al cambio climático

Referencias bibliográficas

CNVV (Catálogo Nacional de Variedades Vegetales). 2025. SNICS. https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/catalogo-nacional-de-variedades-vegetales-239452

CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research). 2016. The global staple. https://www.cgiar.org/

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Resumen nacional por cultivo y variedad. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

CRECIMIENTO EN BOLSAS DE ALMÁCIGO DE CUATRO CLONES DE CAFÉ ROBUSTA PROPAGADOS POR ESTACAS ENRAIZADAS

Rolando Misael Tlaxcala-Méndez[1*], Martin Aquino-Ramírez[2], José Antonio Hernández-Moreno[1], Carlos Alberto Martínez-Márquez[1] y Emanuel Román-Lozano[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental El Palmar, Km 16 Carr. Tezonapa-El Palmar Grande, C.P. 95080, Tezonapa, Ver., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Edzna, Km 15.5 Carr. Campeche - Pocyaxum, C.P. 24570, Campeche, Camp., México.
[3]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Avenida Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja, Colonia Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz.
*Autor para correspondencia: tlaxcala.rolando@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Aditividad, DBCA*, *Coffea canephora*, *Homocedasticidad*, *Normalidad*.

Introducción

En la región robustera del valle de Tezonapa existen viveristas dedicados a la producción de planta de café robusta [*Coffea canephora* (Pierre) ex Froehner]. Tradicionalmente la propagación se realiza en dos etapas, la primera etapa consiste en la propagación asexual por el método de estacas enraizadas, proceso que dura aproximadamente tres meses y la segunda etapa es trasplante a bolsa para la aclimatación y desarrollo de las plantas con una duración mínima de seis meses en vivero hasta que las plantas tengan una altura total de 25 a 35 cm, con tallo lignificado y vigoroso; algunos de los clones empleados en los viveros de la región de Tezonapa son el INIFAP 0024, INIFAP 0028, INIFAP 9509, INIFAP 9714, INIFAP 9715, entre otros. Para los viveristas y técnicos agrícolas la obtención de plantas en vivero con buen desarrollo es fundamental para garantizar el éxito en el establecimiento de plantaciones de café robusta, aunado a esto, en la literatura existe escaza información sobre el estudio del crecimiento de las plantas de café por efecto de trasplante a bolsa de almacigo (Martínez-Inés *et al*., 2021). La evaluación de crecimiento inicial mediante pruebas estadísticas es relevante para conocer la respuesta de los diferentes clones. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue determinar el crecimiento inicial de cuatro clones de café robusta trasplantados a bolsas de almacigo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el vivero de café robusta del Campo Experimental El Palmar, Tezonapa, Ver., entre los paralelos 18°31'0.24" latitud N y 96°45'58.66" longitud O, a una altitud de 140 m. La zona se caracteriza por un clima cálido húmedo con lluvias en verano, precipitación anual de 2,500 mm y una temperatura media anual de 24°C, suelo tipo luvisol (INEGI, 2010). A principios de enero de 2025 se propagaron cuatro clones de café robusta (INIFAP-9509, INIFAP-9714, INIFAP-9715, INIFAP-0024) por el método de estacas enraizadas propuesto por Méndez *et al.* (2015). Posteriormente, a inicios de abril (100 días después), las estacas enraizadas se trasplantaron a bolsas de almácigo de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura; el sustrato empleado para el llenado de las bolsas fue una mezcla de 40% de tierra negra, 40% de compost de cascarilla de café y 20% de compost de cachaza de caña. Las plantas fueron acomodadas en doble hilera bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (clones) y cinco repeticiones; las unidades experimentales se constituyeron en grupos de 22 plantas de café y el factor de ruido del bloqueo fue por las variaciones de entrada de luz en los bloques laterales del experimento. A mediados de mayo de 2025 (50 días en bolsas del almácigo) se realizó la toma de los datos de crecimiento de los cafetos, las variables registradas fueron: el diámetro base (mm) que se tomó a la altura de 5 cm sobre el nivel del sustrato y el diámetro del follaje (cm) que fue obtenido promediando el diámetro mínimo y máximo del follaje. Por otra parte, la altura total (cm) se tomó desde el nivel del suelo hasta la yema apical de la planta, mientras que el número de hojas fue registrado a través del conteo de las hojas. Para la aleatorización de los tratamientos en el DBCA y el análisis de los datos se empleó el programa estadístico SAS® OnDemand for Academics con el procedimiento PROC PLAN y PROC GLM (SAS Institute Inc., 2025), el modelo estadístico empleado para el análisis de varianza (ANOVA) fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad (1)$$

Donde: y_{ij} = variable respuesta obtenida del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque; μ = media global; τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento (clon); β_j = efecto de j-ésimo bloque; ε_{ij} = error experimental; i = 1, 2, 3 y 4; j = 1, 2, 3, 4 y 5

Las hipótesis fundamentales en los tratamientos fueron: H_0: $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$ vs H_1: $\tau_i \neq 0$ para algún i.

Para verificar los supuestos se realizaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas de Bartlett (τ y β) y, para evaluar si la relación entre las variables factoriales (τ y β) y la variable respuesta (y_{ij}) es aditiva se empleó la prueba de aditividad de Tukey. Finalmente, se realizó una prueba de comparación de medias múltiples HDS de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

A los 50 días después del trasplante de las plantas a las bolsas de almácigo el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos (clones) en diámetro base, altura total, diámetro de follaje y número de hojas. La prueba de comparación de medias múltiples HDS de Tukey ($p \leq 0.05$) identificó al clon INIFAP 9509 con el mayor diámetro base promedio (6.45 mm), la diferencia mínima significativa (DMS) fue de 1.10 mm (Figura 1).

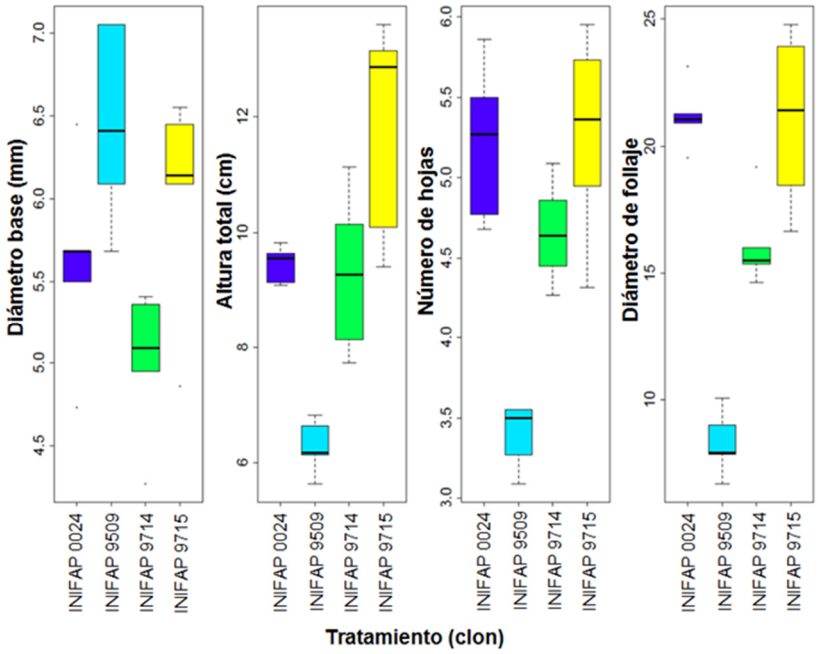


Figura 1.- Distribución de los datos de crecimiento en cuatro clones de café robusta en etapa de vivero.

No obstante, el clon INIFAP 9715 obtuvo el mayor valor en altura total con 11.81 cm y una DMS de 2.41 cm, así como en número de hojas con 5.26 y una DMS de 0.75; en diámetro de follaje el clon INIFAP 0024 fue mayor con 21.18 cm y una DMS de 4.17 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Comparación de medias de Tukey y valores de bondad de ajuste de los modelos.

Tratamiento	Diámetro base (mm)	Altura total (cm)	Diámetro de follaje (cm)	Número de hojas
INIFAP 9509	6.45 a	6.28 c	8.30 c	3.39 b
INIFAP 9715	6.01 ab	11.81 a	21.03 a	5.26 a
INIFAP 0024	5.60 ab	9.44 ab	21.18 a	5.21 a
INIFAP 9714	5.01 b	9.28 b	16.13 b	4.66 a
DMS	1.10	2.41	4.17	0.75
R^2	0.62	0.80	0.90	0.86
C.V. (%)	10.22	13.98	13.32	8.68
RCME	0.59	1.28	2.22	0.40

Donde: DMS es la diferencia mínima significativa; R^2 es el coeficiente de determinación; CV es el coeficiente de variación en % y RCME es la raíz de error cuadrado medio.

Salinas-Ruíz *et al*. (2021) evaluó el desarrollo fisiológico de estacas enraizadas de los clones INIFAP 0028, INIFAP 0024 e INIFAP 9714 y determinó que el clon INIFAP 9714 muestra el menor desarrollo en altura, número de hojas y número de entrenudos, al menos durante su desarrollo en los túneles de enraizamiento. Además, la bondad de ajuste del modelo experimental bajo el DBCA en las cuatro variables respuesta fue alto con R^2 de 0.62% al 0.90% y el C.V. fue bajo entre el 8.68% al 13.98%.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indica que los residuos del modelo de DBCA en las diferentes variables respuesta tienden a la normalidad ($p > 0.05$). La prueba de aditividad de Tukey señala que no hay interacción entre las medias teniendo la misma tendencia, por lo tanto se cumple con la aditividad a excepción de la variable número de hojas; de forma similar, la prueba de homocedasticidad de Bartlett determina que la variabilidad de los residuos en β y τ es constante en las variables respuesta evaluadas, a excepción del grupo τ de la altura total (Cuadro 2). Una alternativa posible para cumplir con todos los supuestos es mediante la transformación de los datos a escala logarítmica o empleando la transformación de Box-Cox con una función de potencia, de otra forma emplear la prueba no paramétrica de Friedman.

Cuadro 2.- Pruebas estadísticas para validar los supuestos del modelo bajo un DBCA.

Variable	Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk		Prueba de aditividad de Tukey			Prueba de homocedasticidad de Bartlett			
	w	p-valor	gl	f	p-valor	Fuente	gl	χ^2	p-valor
Diámetro base (mm)	0.98	0.99	1	0.58	0.46	β	4	1.81	0.77
						τ	3	0.55	0.90
Altura total (cm)	0.97	0.86	1	3	0.11	β	4	2.12	0.71
						τ	3	12.48	0.006
Diámetro del follaje (cm)	0.96	0.66	1	0.02	0.88	β	4	0.21	0.99
						τ	3	5.46	0.14
Número de hojas	0.96	0.71	1	15.86	0.002	β	4	2.47	0.64
						τ	3	4.88	0.18

Conclusiones

En los primeros 50 días después del trasplante de las plantas de café a bolsas de almácigo, el clon sobresaliente fue INIFAP 9715, obteniendo los mayores valores de altura total y número de hojas, seguido del clon INIFAP 0024, con el cual no presentó diferencias significativas. El clon con menor crecimiento fue INIFAP 9509, solo obtuvo altos valores en la variable diámetro base.

Referencias bibliográficas

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendios de información geográfica municipal. Tezonapa, Veracruz de Ignacio de la Llave.

Martínez-Inés, G., Berdeja-Arbeu, R., Méndez-Gómez, J., Escobar-Hernández, R., Domínguez-Perales, L. A., & Domínguez, C. H. 2021. El tamaño de bolsa modifica el crecimiento vegetativo de café Costa Rica 95 en vivero. Rev. C. e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato, 3(1): 1-16.

Méndez L. I., Rodríguez B.A. y Sánchez H. M. 2015. Metodología para la producción de plantas de café robusta por “estacas enraizadas”. Desplegable informativo Núm. 22. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 2p.

Salinas-Ruiz, J., Ortiz-Cervantes, E., Hernández-Lara, M., Aguas-Atlahua, A., & Velasco-Velasco, J. 2021. Effect of organic substrates on the physiological development of coffee (*Coffea canephora* P.) cuttings. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 8(1).

SAS Institute Inc. 2025. SAS OnDemand for Academics [Software]. https://welcome.oda.sas.com/

EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE TALLOS TIERNOS DE LA CRUCETA (*Acanthocereus tetragonus*) Y SU APROVECHAMIENTO EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Jeremías Nataren Velázquez[1*], Janine Lucía López González[2] y Juan Valente Megchun García[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, Medellín, Ver., México. C.P. 91700.
[2]Instituto Tecnológico de Jesús Carranza, Carretera federal transistmica Acayucan
[3]Instituto Tecnológico de Boca del Rio, Carretera Veracruz-Córdoba Km.12 C.P. 94290. Boca del Río, Ver.
*Autor de correspondencia: nataren.jeremias@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Ceniza, Proteína, Fibra, Arsénico.*

Introducción

Uno de los principales problemas de salud que enfrenta la población de ingresos medios es la desnutrición; de 6 a 10 hogares mexicanos presentan inseguridad alimentaria y nutricional (Olalde *et al.,* 2025). A nivel mundial, e 2019, más de 820 millones de personas sufrían desnutrición, mientras que más de dos mil millones presentaban deficiencias de nutrientes; por otro lado, 2.1 mil millones de personas tenían exceso de peso, lo que se relaciona con problemas adicionales como la diabetes. Estás cifras muestran que la población mundial enfrenta de algún tipo de problema nutricional (Willett *et al.,* 2019). El consumo de dietas tradicionales son representaciones culturales que van más allá de lo nutricional. La selección y preparación de los alimentos están influenciadas por el conocimiento local, las relaciones de género, las experiencias heredadas y las costumbres que poseen un valor simbólico para los miembros de la comunidad (Martínez y Lozano, 2023). El aumento de la producción de alimentos no garantiza que estos cumplan con condiciones nutrimentales y de salud para la población, especialmente que en los cultivos se utilizan agrotóxicos. A partir de esto cobra relevancia la soberanía alimentaria entendida como el derecho de los pueblos y las comunidades a definir estrategias propias para producir gestionar y comercializar alimentos de acuerdo con rasgos culturales. Por lo anterior, y para contribuir a la seguridad alimentaria, se determinaron los principales nutrientes que contiene el cultivo *Acanthocereus tetragonus* en sus tallos tiernos y su aprovechamiento en la alimentación humana.

Materiales y métodos

El área de estudio se localizó en el Campo Experimental Cotaxtla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria, INIFAP, en el Km 34.5 de la carretera Veracruz Córdoba, perteneciente municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México situado entre los paralelos 18°50’09” N de latitud y 96°02’16” O de longitud y a una altitud de 17 m. La parcela se estableció con nueve hileras de cinco plantas cada hilera; la distribución de plantación fue de 4 m entre calles y 2 m entre planta y planta. Cuando la plantación ya tenía los tres años de edad, y en su desarrollo de etapa vegetativa, se inició (febrero) el corte y recolecta de los tallos tiernos de *Acanthocereus tetragonus.*

El estudio de análisis proximal de los brotes tiernos de *Acanthocereus tetragonus* se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto Tecnológico de Boca del Río, ITBOCA, que se encuentra sobre la carretera Veracruz-Córdoba en el km 12 del municipio de Boca del Río, Ver. entre los paralelos 19°03’ y 19°11’ de latitud norte; los meridianos 96°10’ de longitud oeste; altitud 0 y 10 m.

Las muestras se secaron durante 15 hrs a 100°C, una vez seca la muestra se precedió a moler, pulverizando hasta tener una harina (muestra de base seca). Por medio del análisis proximal, se determinaron los principales componentes de los tallos tiernos de cruceta, siendo analizados en su composición de humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos. Las técnicas con las que se trabajaron en este estudio son los métodos de Soxhnlet y el método de Kjeldahl.

Resultados y discusión

Se determinó en base seca, exceptuando el contenido de humedad (93.7-92.8%), la ceniza (1.3-0.8 g), EE (0.5-0.1 g), PC (1.4-0.7 g), FC (3.3-2.3 g), ELN (1.4-0.9 g) y se dio la presencia de un compuesto químico, el cual es el arsénico (As) (0.006-<0.001 mg/kg) (Cuadro 1); el arsénico es un elemento natural que se encuentra distribuido ampliamente en el ambiente y está presente en alimentos, agua, suelo y aire El arsénico inorgánico que está

presente en el agua resulta ser muy tóxico, a diferencia del arsénico orgánico que se puede encontrar en mariscos, que en ciertos porcentajes, es permisible para consumir sin dañar la salud.

Cuadro 1. Nutrientes de los tallos tiernos de cruceta.

Nutriente	Contenido
Humedad (%)	93.99-92.8
Ceniza (g)	1.3-0.89
Grasa (g)	0.5-0.01
Proteína (g)	1.4-0.7
Fibra (g)	3.3-2.32
Carbohidrato (g)	1.4-0.9
Arsénico (mg/Kg)	0.006-<0.001

En la Figura 1, se puede observar que no existe diferencias significativas en el contenido de carbohidratos (α=0.05). La muestra de la localidad Paso de Ovejas mostró un alto porcentaje carbohidratos (1.4 g) y la muestra de la localidad La Capilla, tuvo 0.9 g de carbohidrato siendo menor que el resto de las muestras de tallos de cruceta. El análisis de carbohidratos en los tallos de *Acanthocereus tetragonus* mostró valores entre 0.9 y 1.4 g, lo que coincide con el estudio de Lagunes *et al*. (2019), donde se reportaron 1.01 g. Sin embargo, Juárez (2011) identificó 46.35 g en base seca de extracto libre de nitrógeno, lo que evidencia una variación importante en la composición química, posiblemente debido a factores ambientales. Estos resultados muestran que en el contenido de grasa de los tallos de cruceta con un nivel de significancia de α =0.05 no existe diferencias significativas. Observándose que los tallos pertenecientes a la localidad de la Capilla, tuvo un alto contenido de grasas (0.5 g) y los tallos provenientes de la localidad El Hatillo, tuvieron 0.1g de grasas siendo el porcentaje más bajo El análisis de grasa en esta investigación reveló valores entre 0.5 y 0.1 g, con resultados similares a los obtenidos por Lagunes *et al*. (2019), quienes reportaron 0.10 g en los tallos de cruceta; a diferencia de Juárez (2011) que registró 1.23 g,

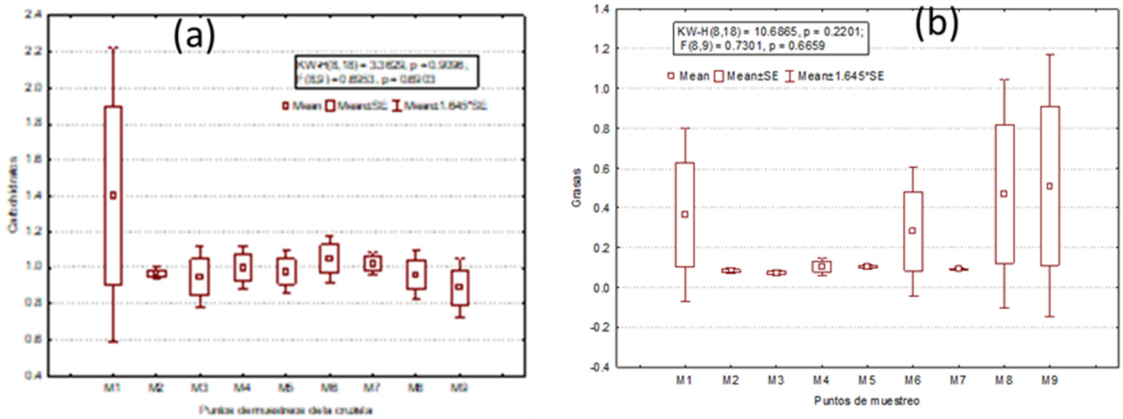


Figura 1. (a) Determinación de carbohidratos y (b) determinación de grasa en tallos tiernos de *Acanthocereus tetragonus*

En la Figura 2 se muestran los datos del análisis de proteína de los tallos tiernos de cruceta, con un nivel de significancia de α=0.05; se observa que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las muestras. La media más alta de proteína de los tallos es la muestra M6 de la localidad Estanzuela teniendo 1.4 g de proteína y la media baja es la muestra M2 de la localidad Tolome con un 0.7g. El contenido de proteína en los tallos tiernos de cruceta se encuentra entre 0.7 y 1.4 g, dentro de rangos similares con los obtenidos por Lagunes *et al*. (2019), quienes registraron 1.09 g. En contraste, Juárez (2011) reportó 24.49%. En los resultados de fibra en tallos tiernos indican que no se encuentran diferencias significativas entre las muestras. La localidad Tolome (M2) tiene una alta media con un 3.3 g de fibra y la localidad Rincón de Pérez (M8), con la cruceta espinuda se mantiene con una mediana baja del 2.3 g.

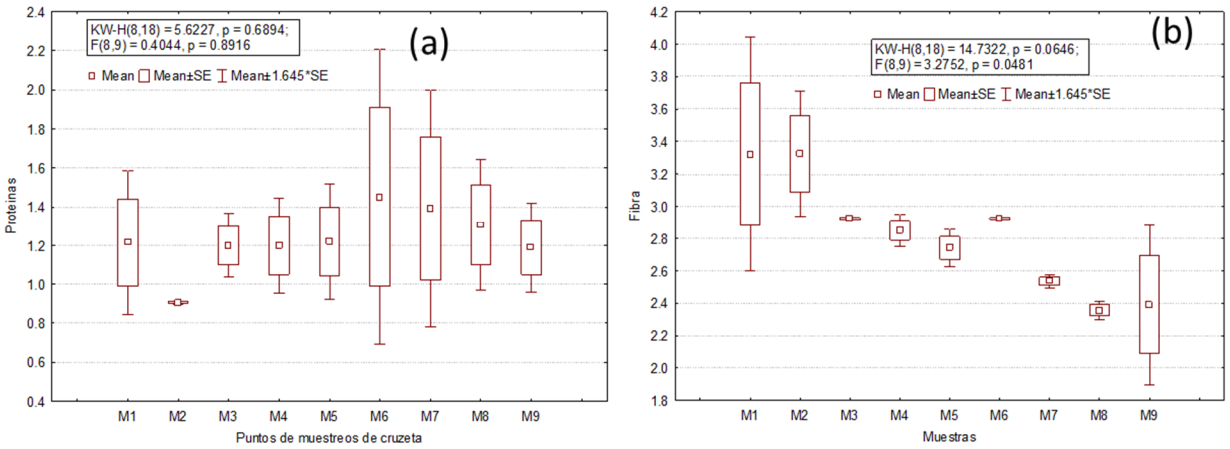


Figura 2. (a) Determinación de proteína y (b) determinación de fibra en tallos tiernos de *Acanthocereus tetragonus*

Conclusiones

Se determinó que la cruceta (*A. tetragonus*) presenta un alto contenido de humedad en sus tallos tiernos debido a su capacidad para almacenar grandes cantidades de agua. Sus tallos contienen aproximadamente 1.4% de proteína, lo que la convierte en una fuente vegetal que puede contribuir a complementar la ingesta diaria de este nutriente. Además, posee cantidades significativas de fibra, lo que la hace una buena fuente nutricional, beneficiosa para la salud digestiva ayudando al bienestar integral.

Referencias bibliográficas

Olalde Liberos, G. J., Ricaño Polo, E. M., Páez Huerta, G., & Morgado Viveros, E. 2025. Indicadores de Accesibilidad y su relación con la seguridad alimentaria y nutricional en el estado de Veracruz, México. 89–97.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Murray, C. J. L. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. The Lancet, 393(10170):447–492.

Martínez, & Lozano. 2023. Dieta tradicional saludable para México en el contexto de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional.

Lagunes Vela, K. G., Carolina Peña Montes Carolina, Oliart Ros Rosa María, Müller Michel, & Veracruz, H. 2019. Caracterización del mucílago de cruceta y efecto de su consumo en un modelo murino con síndrome metabólico.

Juárez Cruz, A. 2011. Caracterización química y estomática y crecimiento de tallos de *Acanthocereus tetragononus*, A. subinermis e Hylocereus undatus. Colegio de Postgraduados, 120p.

PRODUCCIÓN DE ABONOS VERDES TROPICALES EN EL CICLO PRIMAVERA–VERANO

Nain Peralta-Antonio[1]*, Andrés Rebolledo-Martinez[1], María Enriqueta López-Vázquez[1], Rosa Laura Rebolledo-García[1] y Juan Guillermo Cruz-Castillo[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla. Km 34.5 Carretera Federal Veracruz – Córdoba, Medellín de Bravo, Veracruz, México. C.P. 94270.
[2]Centro Académico Regional Oriente. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 6.2 Carretera Huatusco-Xalapa. Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100.
*Autor por correspondencia: peralta.nain@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Crotalaria juncea*, *Crotalaria breviflora*, *Crotalaria retusa*, *Materia seca.*

Introducción

Las leguminosas tropicales, cuando se utilizan como abono verde, son una alternativa para recuperar y mejorar la fertilidad del suelo. La tecnología de abonos verdes consiste en utilizar plantas como una fuente de nutrientes, ya sea únicamente de nitrógeno (N) y carbono (C), o bien, de otros macro y micronutrientes. Esta tecnología aún es poco utilizada en México y una de las razones principales, es la falta de conocimiento sobre las especies adecuadas a utilizar. En la región tropical de Veracruz, México, se han reportado diversas especies de leguminosas promisorias, entre ellas, destacan especies erectas y especies rastreras, tales como la *Crotalaria breviflora*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria paulina*, *Crotalaria ochroleuca*, *Canavalia ensiformis*, *Canajus cajan*, *Sesbania* spp., *Mucuna aterrima*, *Mucuna cirenea* y *Dolichos lablab* (Ávila-Escobedo *et al*., 2022; Pedraza-Monroy *et al*., 2024); no obstante, la siembra de estas especies se ha realizado en verano, durante el inicio de la temporada de lluvias, ya que, se ha enfocado principalmente a aprovechar esta tecnología en condiciones de temporal. Sin embargo, para aumentar las posibilidades de uso de los abonos verdes, es necesario también conocer su comportamiento en otras épocas del año, bajo condiciones de riego, ya sea utilizarlos como abonos verdes, o bien, para la producción de semilla. Otra oportunidad que hace falta aprovechar es el uso de especies de leguminosas silvestres, que se tienen como arvenses, pero que tienen potencial para ser utilizadas como abonos verdes, como es el caso de la *Crotalaria retusa*, la cual se considera como una planta invasora, que además repele plagas debido a su contenido de alcaloides(Pitanga *et al*., 2012). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la producción de biomasa de diferentes especies de leguminosas tropicales durante el ciclo primavera – verano, con la finalidad de identificar las especies con mayor potencial para ser usado como abono verde durante esta época del año.

Materiales y Métodos

Las especies de leguminosas *C. breviflora*, *C. retusa*, *C. juncea*, *C. paulina*, *C. ensiformis*, *C. cajan*, *Sesbania* spp. y *M. cirenea*, fueron sembradas (26/02/2025) en el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP (18° 56′ 13″ N; 96° 11′ 38″ W). La distancia entre surcos fue de 0.8 m, dando un total de 125 surcos por hectárea. Cada especie representó un tratamiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental constó de cuatro surcos de 7 m. Desde el momento de la siembra hasta el inicio de lluvias (4/06/2025), se aplicaron riegos rodados, con frecuencia semanal, iniciando siete días posteriores a la siembra, resultando en un total de nueve riegos. Durante el periodo de crecimiento de las plantas se realizaron tres controles manuales de arvenses, cada 20 días, iniciando 15 días posteriores a la siembra. A los 90 días posteriores a la siembra se realizó un muestreo destructivo. Se registró el estado fenológico de cada especie de leguminosa. En cada unidad experimental, en 1 m^2, se contabilizó el número de plantas, se determinó el peso fresco de la biomasa aérea de cada especie de leguminosa, además, se tomaron muestras representativas de plantas completas para secarlas en estufa de secado de aire forzado a 70°C, hasta alcanzar peso constante. Se determinó el porcentaje de materia seca de cada especie y posteriormente se estimó la biomasa seca. Con los datos obtenidos se estimó rendimiento de biomasa fresca y biomasa seca por ha. Para comparar el efecto de cada especie se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$).

Resultados y Discusión

A los 90 días posteriores a la siembra, cinco especies de leguminosas ya se encontraban en la etapa de fructificación y llenado de grano, específicamente *Sesbania* spp., *C. retusa*, *C. ensiformis*, *C. juncea* y *C. breviflora*. En el caso de *C. juncea* y *C. ensiformis* estos resultados coinciden con reportes de Ávila-Escobedo *et al*. (2022), en la misma región geográfica, en siembras realizadas al inicio de la temporada de lluvia. Las floraciones de estas especies iniciaron entre los 75 y 90 días posteriores a la siembra. De igual forma, el comportamiento de *Sesbania* spp. coincide con los reportes de Pedraza-Monroy *et al*. (2024) quienes informan que, en la misma región, la cosecha de esta especie ocurre entre los 90 y 120 días posteriores a la siembra. En el caso de la *C. retusa*, este el primer reporte de su uso como una especie promisoria para ser usada como abono verde en las regiones tropicales de México, al ser de ciclo precoz, demuestra un gran potencial para ser usada en rotación de cultivo. El mayor tiempo de etapa vegetativa para las especies de *M. cinera*, *C. paulina* y *C. cajan* ya ha sido reportada previamente por Ávila-Escobedo *et al*. (2022), en siembras realizadas al inicio de la temporada de lluvía se ha detectado que requieren entre 100 y 140 para alcanzar el 50% de floración.

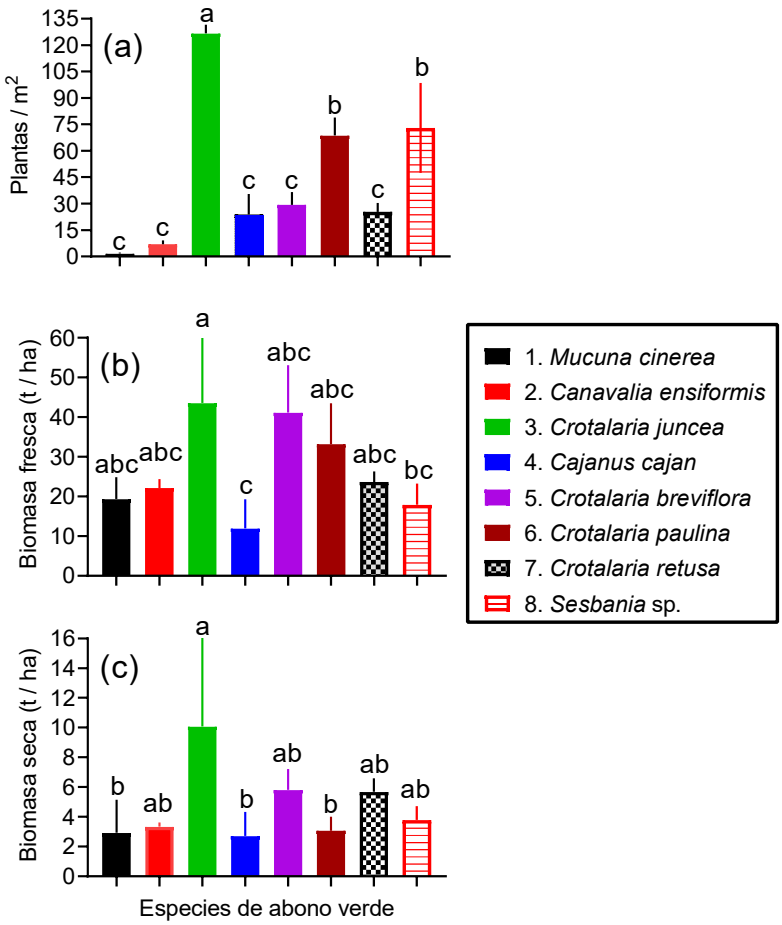


Figura 1. Número de plantas, producción de biomasa fresca y biomasa seca de diferentes especies de leguminosas. Medellín de Bravo, Veracruz. 2025. Barras con letras diferentes son estadísticamente diferente de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Las líneas en cada barra indican la desviación estándar.

Un mayor número de plantas se detectó con *C. juncea* que superó estadísticamente al resto de especies de leguminosas, las especies que le siguieron fueron *Sesbania* sp. y *C. paulina* (Figura 1a). Tanto en la producción de biomasa fresca y biomasa seca, la *C. juncea* superó estadísticamente a *C. cajan* y *C. paulina* (Figura 1b y 1c). El menor número de plantas por metro cuadrado con *M. cinerea* y *C. ensiformis* es de esperarse, ya que, desde el principio se depositó una menor cantidad de semillas, esto se debe a que el peso individual de estas especies es cercano a 1 g, por lo tanto, se recomienda depositar como máximo 10 semillas por metro lineal (Pedraza-Monroy *et al*., 2024). Por otra parte, un mayor número de plantas con las especies del género *Crotalaria* y con la

Sesbania spp. era también de esperarse y corrobora los reportes de Ávila-Escobedo *et al*. (2022) y Pedraza-Monroy *et al*. (2024), quienes reportan un máximo de 90 a 170 plantas por metro y se atribuye principalmente a la mayor cantidad de semilla utilizada al momento de la siembra, debido a que alcanzan pesos de 0.001 a 0.030 g.

Por otra parte, los valores de la producción de biomasa fresca de *M. cinérea*, *C. ensiformis*, *C. juncea*, *C. cajan*, *C. breviflora, C. paulina, C. retusa y Sesbania* spp. fue de 19, 22, 43, 12, 41, 33, 23 y 18 t/ha, respectivamente. Para algunas de estas especies, en estudios previos, se ha detectado una mayor producción de biomasa, la diferencia es que la siembra se realizó al inicio de la temporada de lluvias. Realizando control de malezas y control de plagas, se ha detectado rendimientos máximos de biomasa fresca de 84, 51, 56, 50, 34 y t/ha para *M. cinerea*, *C. ensiformis*, *C. juncea*, *C. cajan*, *C. breviflora* y *C. paulina,* respectiavamente (Ávila-Escobedo *et al*., 2022). En el caso de la biomasa seca, la especie que más sobresalió fue la *C. juncea*, alcanzando un máximo de 10 t/ha, las especies que le siguieron fueron la *C. breviflora* y *C. retusa* con valores de 5.8 y 5.7 t/ha, mientras que las otras especies no superaron las 4 t/ha. Cuando la siembra se realiza en verano, al inicio de la temporada de lluvias, para *C. juncea* se reportan valores máximos que fluctúan entre 10 y 16 t/ha, mientras que para *C. breviflora*, su valor máximo fluctúa entre 4 y 5 t/ha (Ávila-Escobedo *et al*., 2022; Pedraza-Monroy *et al*., 2024). De acuerdo con lo anterior, los resultados indican que la *C. juncea* tiene buenos resultados tanto en siembras en verano como en invierno, seguido por la *C. breviflora* y *C. retusa*. Particularmente para la *C. retusa* se recomienda evaluarlo durante el periodo de lluvias para determinar su capacidad de producción en esta época del año y con ello definir su mejor época de producción.

Conclusiones

Se concluye que, para siembras en invierno, a los tres meses posteriores a la siembra, *Crotalaria juncea* es la especie con mayor capacidad para producir plantas por metro cuadrado y para generar biomasa seca, alcanzando un rendimiento de 10 t/ha. Se verificó que *Crotalaria breviflora* alcanza un rendimiento de biomasa seca aproximado de 5 t/ha, que es similar al que alcanza con siembras en verano. Además, se encontró que *Crotalaria retusa*, una especie nativa de la región tiene potencial para ser usada como abono verde, ya que alcanzó un rendimiento de biomasa seca aproximado a 5 t/ha.

Referencias

Ávila-Escobedo, M. de J., Peralta-Antonio, N., Montiel-Vicencio, G., Trejo-Téllez, L. I., Rebolledo-Martínez, A., & Sánchez-García, P. 2022. Screening of Potential Legume to be Used as Green Manure in Tropical Areas of Mexico. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22(3), 3172-3188. https://doi.org/10.1007/s42729-022-00876-y

Pedraza-Monroy, G., Peralta-Antonio, N., López-Vázquez, M. E., Rebolledo-García, R. L., Andrés, R.-M., Volke-Haller, V. H., & Espinoza-Hernández, V. 2024. Planting densities and the use of local weeds as an alternative to accelerate the incorporation of green manures. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 27(3), Article 3. https://doi.org/10.56369/tsaes.5443

Pitanga, B. P. S., Nascimento, R. P., Silva, V. D. A., & Costa, S. L. 2012. The Role of Astrocytes in Metabolism and Neurotoxicity of the Pyrrolizidine Alkaloid Monocrotaline, the Main Toxin of Crotalaria retusa. Frontiers in Pharmacology, 3. https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00144.

BIOFERMENTOS DEGRADADORES DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA PIÑA

María Enriqueta López-Vázquez[1], Nain Peralta-Antonio[1], Rosa Laura Rebolledo-García[1] y Andrés Rebolledo-Martínez[1*]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, Km. 34.5 Carr. Federal Veracruz-Córdoba, La Esmeralda, Medellín de Bravo, Ver., México. C.P. 94270.
*Autor de correspondencia: rebolledo.andres@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Degradación de residuos, Microorganismos, Piña.*

Introducción

El manejo de los residuos de cosecha es indispensable para el establecimiento de una nueva plantación o cultivo. En el caso de la piña (*Ananas comosus* var. comosus), en una plantación de 45 a 50 mil plantas/ha con dos cosechas consecutivas en el campo, se estiman al menos 40 t de residuos. Existen diferentes alternativas para la eliminación de los residuos de cosecha de piña, dos de la más comunes, pero de mayor costo ecológico y económico son la quema de los residuos y el uso de herbicidas, que afecta principalmente la microbiología y el contenido de materia orgánica del suelo. El uso de maquinaria es otra práctica que consiste en triturar e incorporar los residuos de piña mediante varios pasos de rastra y el barbecho, lo que debe anticiparse al establecimiento de la plantación al menos cinco meses (Rebolledo *et al.,* 2016). Si el productor opta por dejar los residuos de cosecha en el campo, genera un problema sanitario principalmente para el ganado vacuno. Una práctica con menor impacto ambiental es el uso de microorganismos degradadores de materia orgánica, que inclusive en combinación con otras prácticas como maquinaria, puede potenciar su efecto. El objetivo de este trabajo fue determinar el rendimiento y calidad de la piña MD-2, mediante la aplicación de microorganismos autóctonos elaborados de manera artesanal con microrganismos obtenidos a partir de residuos de piña y maleza, a fin de determinar su potencial de uso en condiciones de campo.

Materiales y Métodos

El experimento se desarrolló en condiciones de maceta, en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP (18° 56′ 13″ LN; 96° 11′ 38″ LO). Durante la investigación, de abril 2024 a junio 2025, las temperaturas medias mínima y máxima oscilaron entre los 23°C y 33°C, respectivamente; la temporada de lluvias inició a finales del mes de junio. El suelo utilizado provino de una plantación comercial ubicada en Isla, Veracruz. La colecta del suelo se realizó en los primeros 20 cm de profundidad, en febrero de 2024; el suelo presentó un pH de 4.0, materia orgánica de 1.47%, de textura franco-arenosa, con 11, 57 y 38% de arcilla, arena y limo, respectivamente. Los niveles de nitrógeno nítrico (Brusina), P-PO_4- (Bray), S-SO_4^{-2} (Turbidimetrico), K^+ (Ac.NH4 pH 7.0), Ca^{+2} (Ac.NH4 pH 7.0) y Mg^{+2} (Ac.NH4 pH 7.0) fueron de 24, 64, 20, 200, 1,450 y 220 mg/kg, respectivamente. Con la finalidad de eliminar terrones, piedras y restos vegetales, el suelo se tamizó en una malla de 3 mm de diámetro. Los residuos de piña se obtuvieron en una plantación, cosechada 12 meses antes, ubicada en Los Robles, Veracruz. Se cuantificó la biomasa de piña en peso seco por ha y se separaron las hojas y la parte leñosa, compuesta por raíces, tallos y pedúnculos. Para el cálculo de la cantidad de materia seca por maceta, se consideró la materia seca de los residuos de piña estimado por hectárea (31 t) y el volumen de suelo de una hectárea a 0.2 metros de profundidad (2,000,000 de litros de suelo). La plantación se hizo en bolsas de plástico negro de 36 x 19 x 17 cm, llenadas con 8 L de suelo. Para simular el efecto de una rastra, se colocaron de fondo 3 L de suelo; posteriormente se depositaron 103 g de residuos de piña (76 y 27 g de materia seca de hoja y tallo, respectivamente), de acuerdo con los tratamientos. Finalmente, se adicionaron los 5 L de suelo restantes. La multiplicación de los microorganismos autóctonos se realizó de forma artesanal de acuerdo con Rebolledo *et al*. (2012), obteniéndose dos tipos de biofermentos, uno derivado de los residuos de piña, y el segundo de los residuos de malezas locales. El experimento consideró nueve tratamientos (Cuadro 1). El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones; la unidad experimental constó de tres plantas. En cada maceta se plantó un vástago de piña del híbrido MD-2 de 900 g; los frutos provinieron de floración natural y fueron cosechados un año después de la plantación. Se midieron las variables de peso de fruto y de corona, longitud de fruto y corona, diámetro de fruto y diámetro de médula; sólidos solubles totales en jugo, °Brix y acidez titulable. Para comparar los tratamientos se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey con una probabilidad del 95% ($p< 0.05$).

Cuadro 1. Tratamientos del experimento sobre microorganismos autóctonos.

Tratamiento	Con residuos de cosecha de piña	Con fertilización mineral (1)	Origen del microorganismo eficiente	Dosis de aplicación (%)	Núm. aplicaciones para suministrar cada dosis
1	Si	Si	Piña	100*	1
2	Si	Si	Piña	50	1
3	Si	Si	Piña	50	2
4	Si	Si	Maleza	100	1
5	Si	Si	Maleza	50	1
6	Si	Si	Maleza	50	2
7	Si	Si	No	No aplica	No aplica
8	Si	No	No	No aplica	No aplica
9	No	No	No	No aplica	No aplica

(1) Fertilización mineral= 75% de dosis de N y K.

Resultados y discusión

En la Figura 1, se observa que los tratamientos con microorganismos con base en piña y en maleza, fueron estadísticamente iguales, independientemente de la dosis y número de aplicaciones del biofermento, aunque fueron superiores a los tratamientos sin aplicación de microorganismos y al tratamiento que solo tuvo suelo. El tratamiento con residuos de piña y fertilización mineral (T7) fue estadísticamente menor en comparación con los tratamientos que incluyeron residuos de piña, microorganismos eficientes y fertilización mineral (T1 al T6), asimismo, fue mayor en comparación con los tratamientos que no incluyeron fertilización mineral (T8 y T9).

Por otra parte, no se detectaron diferencias estadísticas en las variables de peso de corona, longitud de corona, diámetro superior de la médula, sólidos solubles totales y porcentaje de acidez. En cuanto al peso fresco de planta al momento de la cosecha, el T1 y T3 fueron estadísticamente iguale y ambos estadísticamente superiores al T9 (Cuadro 2).

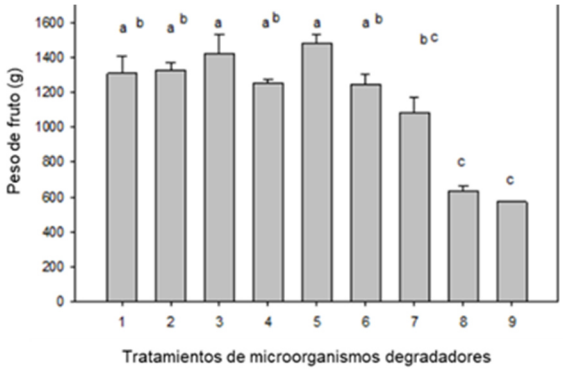


Figura 1. Peso de fruto de piña MD-2 con diferentes biofermentos degradadores de materia orgánica. Barra, ± error estándar, Tukey, 5%.

Los resultados indicaron que el uso de biofermentos potencializa el efecto de los fertilizantes minerales, desde que, el tratamiento que incluyó residuos de piña y fertilización mineral generó frutos con peso de 1.1 kg, menores en comparación a los 1.2 y 1.3 kg obtenidos con los tratamientos que adicionalmente se aplicó biofermento en dosis de 50 y 100%. En plantaciones comerciales, estas pequeñas diferencias en el peso de fruto repercuten en el rendimiento por hectárea, ya que, con una densidad de 50 mil plantas/ha hay una diferencia de 5 a 10 t. La aplicación de estos biofermentos tendría una inversión de $17,000 MXN por ha y la rentabilidad puede variar dependiendo del precio de venta de la fruta. Un mejor efecto con el uso de biofermentos se atribuye a los microorganismos suministrados a través de este insumo, lo cual favoreció la degradación de los residuos de piña orgánicos, liberando paulatinamente cantidades extras de macro y micronutrientes, tal como ha sido reportado por Alvarez-Vela *et al*. (2019).

Al momento de la cosecha el máximo peso fresco de planta fue de 2.45 kg y se consiguió con los tratamientos que incluyeron residuos de piña, fertilización mineral y biofermentos, este valor es mayor a 1.55 kg de las plantas que no se fertilizaron.

Cuadro 2. Características de calidad del fruto y peso fresco de la planta de piña MD-2 al momento de la cosecha, en función de diferentes tratamientos de fertilización, en condiciones de maceta.

Tratamiento	Peso de corona (g)	Longitud de corona (cm)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro superior de fruto (cm)	Diámetro medio de fruto (cm)	Diámetro inferior de fruto (cm)
1	128.7	13.14	14.21 a	9.64 a	11.44 a	8.83 ab
2	108.3	12.53	15.38 a	9.08 a	11.35 a	10.15 a
3	129.1	13.43	15.14 a	9.04 a	11.40 a	9.30 a
4	129.4	13.30	13.94 a	9.38 a	11.36 a	9.30 a
5	121.2	13.00	14.20 a	9.63 a	11.02 a	9.43 a
6	132.4	13.63	14.18 a	9.71 a	10.91 a	8.96 a
7	113.0	12.23	13.50 ab	9.55 a	10.82 a	9.12 a
8	77.0	11.50	10.00 b	8.00 b	9.00 b	7.20 ab
9	66.5	9.75	10.00 b	7.25 b	9.00 b	6.25 b
	NS	NS	**	**	**	**

Tratamiento	Diámetro de médula (cm) superior	Diámetro de médula (cm) medio	Diámetro de médula (cm) inferior	Sólidos solubles totales (°Bx)	% acidez	Peso fresco de planta (kg)
1	1.99	2.41 a	2.01 a	14.5	0.17	2.45 a
2	1.95	2.28 a	2.35 a	14.3	0.16	2.15 ab
3	2.11	2.51 a	1.98 a	15.1	0.16	2.40 a
4	3.90	2.38 a	1.74 a	15.4	0.12	2.10 ab
5	1.88	2.18 a	1.90 a	15.2	0.17	2.14 ab
6	1.98	2.15 a	1.75 a	14.1	0.19	2.17 ab
7	2.00	2.23 a	1.82 a	14.6	0.20	2.15 ab
8	1.50	1.80 b	1.30 b	13.8	0.24	1.85 ab
9	1.60	2.00 b	1.35 b	15.8	0.17	1.55 b
	NS	**	**	NS	NS	**

De acuerdo con Rebolledo *et al*. (2016), el peso de fruto depende directamente del peso fresco de la planta al momento de la diferenciación floral, para obtener un máximo rendimiento de frutos la planta debe pesar como mínimo 2.7 kg en este estadio, para obtener frutos con pesos superiores a 1.8 kg. En este estudio, las plantas florecieron de forma natural debido a las bajas temperaturas durante el invierno, para ese momento el peso fresco de plantas fluctuó entre 1.0 y 1.5 kg, lo que explica los valores de rendimiento obtenidos. No obstante, los resultados destacan la viabilidad de la producción de piña en condiciones de macetas, por lo tanto, se recomienda realizar más evaluaciones para definir el tamaño óptimo de maceta y el manejo agronómico adecuado. En cuanto a la calidad del fruto, a pesar de que no hubo diferencias entre tratamientos, los frutos alcanzaron valores de sólidos solubles totales de 13.8 a 15.8 °Brix, que es superior al valor mínimo requerido para la exportación de frutos establecido por la NOM-173-SCFI-2009 y CODEX-2011 (12.8-12.0°Brix).

Conclusiones

El efecto del uso de residuos de cosecha de piña y la fertilización mineral aumenta cuando se realizan aplicaciones de biofermentos, promoviendo plantas más grandes y mayor rendimiento de frutos de piña MD-2, por lo tanto, se recomienda evaluarlo en condiciones de campo para corroborar su efecto en este cultivo.

Referencias bibliográficas

Alvarez-Vera, M., A. Largo, S. Iglesias A. Y J. Castillo. 2019. Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. Sci. Agropecu. 10(3):353- 361.

Rebolledo, M. L., J. Nataren V., M. A. Rebolledo y A. L. del Ángel P. 2012. Elaboración de productos orgánicos: composta, bocashi, biostimulantes, humo líquido y sulfocalcio. Folleto Técnico para Productores Núm. 17. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver., México. 34 p.

Rebolledo, M. A., D. E. Uriza Á., A. L. del Ángel P., L. Rebolledo M. y R. Zetina L. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver., México. 324 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

APLICACIÓN DE GAS ETILENO EN VERANO PARA INDUCIR LA FLORACIÓN DE PIÑA CUBIERTA CON MALLA SOMBRA

Andrés Rebolledo-Martínez[1], Rosa Laura Rebolledo-García[1*], María Enriqueta López-Vázquez[1] y Nain Peralta-Antonio[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/Campo Experimental Cotaxtla. Dirección: Kilometro 34.5 Carretera. Federal Veracruz-Córdoba, C.P. 94270, La Esmeralda, Medellín de Bravo, Veracruz., México.
*Autor para correspondencia: rebolledo.rosa@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Organogénesis floral, Ananas comosus, Diferenciación floral.*

Introducción

La planta de piña es de los pocos cultivos que responde a la inducción de la floración. Si la floración ocurre de manera natural, tanto el estado fisiológico de la planta, la sensibilidad del cultivo, el fotoperiodo, la temperatura y la radiación, son factores que la favorecen (López-Vázquez, 2023). También es posible inducir la floración de la planta de piña de manera artificial, mediante la aplicación de reguladores de crecimiento que actúan sobre la síntesis de etileno, compuesto responsable de la diferenciación floral (Rebolledo *et al.,* 2016). La inducción de la floración en piña con carburo de calcio, ethrel y gas etileno es una práctica común en casi la totalidad de las plantaciones en México, donde se producen 1,275,000 toneladas de fruta fresca (SIAP, 2024). El gas etileno es el producto que más se ha estado utilizando en los últimos años, debido a su alta eficiencia y a la capacidad de ser aplicado de manera mecanizada (Rebolledo *et al.,* 2016). Con el uso de la malla sombra colocada sobre la planta de piña para evitar daños por radiación, muchos de los productores evitan quitar la malla para aplicar el inductor de la floración, pensando en tener los mismos resultados que los que se obtienen al aplicar el producto directamente a la planta (Uriza *et al*., 2018); sin embargo, el hecho de no quitar la malla podría bajar la eficiencia sobre la floración, de acuerdo con las condiciones presentes al momento de la aplicación, peso y edad de la planta, nutrición, temperatura ambiente, entre otros (Bartholomew y Sanewski, 2018). El objetivo del presente trabajo fue determinar la eficiencia de la floración de la piña MD-2 cubierta con malla sombra y a cielo abierto, con la aplicación de gas etileno mezclado con carbón activado y agua.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en la zona piñera conocida como Los Robles, en el municipio de Medellín, Veracruz, México (18° 56′ 13″ LN; 96° 11′ 38″ LW). Las temperaturas medias mínima y máxima oscilaron entre los 23°C y 33°C, respectivamente, registrándose temperaturas superiores a los 35°C durante mayo y junio y julio; la temporada de lluvias inició a principios de junio. El pH del suelo fue de 5.7, con 2.14% de materia orgánica, de textura franco-arenosa con 13% de arcilla, 73% de arena y 14% de limo. La concentración de N nítrico, P-PO4-, S-SO4-2, K+ y Ca2+, Mg2+, Fe2+, Zn2+, Cu2+, Mn+ y B3+ fue de 64.0, 3.0, 23.7, 135.0, 2280.0, 610.0, 46.7, 1.6, 1.1, 7.9 y 0.26 ppm, respectivamente.

El trabajo se realizó en una plantación del Sr. Abraham Romero, establecida con piña MD-2 con vástagos de 800 g en junio de 2021 a dos hileras por cama a una densidad de 55 000 plantas por hectárea con el 100% del suelo acolchado previamente con plástico negro calibre 150. En el mes de abril del 2022, para evitar los daños por quemaduras solares, se colocó malla sombra negra 50/50 encima de las plantas. Al momento de aplicar el tratamiento de inducción floral el 11 de julio a las 22 h, se decidió realizar una parte de la plantación sin quitar la malla sombra y otra retirándola previamente. La dosis empleada para la inducción floral, por hectárea, fue de 2 kg de etileno gas por aplicación con 20 kg de carbón activado mezclado con 4000 L de agua. Se realizaron tres aplicaciones espaciadas cada dos días entre ellas. A los 50 días después del tratamiento utilizado para la diferenciación floral, se realizaron 12 muestreos para cada tratamiento con 20 plantas en cada muestreo, en los que se contabilizaron el número de bellotas por planta, y con lo que determinó el porcentaje de floración de piña obtenida en cada tratamiento. También se evaluó la altura y peso de planta. El análisis estadístico fue mediante la prueba t de student para muestras independientes a un intervalo de confianza del 95%.

Resultados y discusión

Existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados para la inducción floral en piña. Se obtuvieron mejores resultados cuando se aplicó el gas etileno en plantas que no tuvieron la malla sombra en comparación con las que si la tuvieron (Figura 1). Al dejar la planta cubierta con la malla sombra 50/50, se reduce la eficiencia de entrada del gas etileno a la planta, ya que gran parte de la solución entra en contacto primero con la malla; en segundo término, la época de aplicación es la más difícil para que la planta presente los cambios organogénicos hacia la floración por presentarse los días más largos del año y altas temperaturas que favorecen el crecimiento vegetativo y menor producción de etileno, como lo mencionan Bartholomew y Sanewski (2018).

En la variable altura de la planta, el tratamiento con malla sombra fue estadísticamente mayor (Figura 2) lo que se explica por la disminución de radiación solar en ese ambiente (Uriza *et al*., 2018); la malla sombra provoca un sombreado que estimula el crecimiento del meristemo apical y la planta continua con su crecimiento vegetativo, aunque esto pudiera compensarse con la reducción de temperatura que ocurre en el ambiente controlado que se tiene con la malla; sin embargo, en las condiciones de este estudio no se observó este fenómeno. Por otra parte, el peso de la planta pudo haber influido en la eficiencia de la floración ya que plantas grandes tienden a responder menos a la inducción de la floración (Rebolledo *et al.,* 2016); sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Finalmente, cuando la planta está muy desarrollada y existe humedad en el suelo a capacidad de campo, por el inicio del periodo de lluvia ncipalmente, se debe de considerar quitar la ma al.

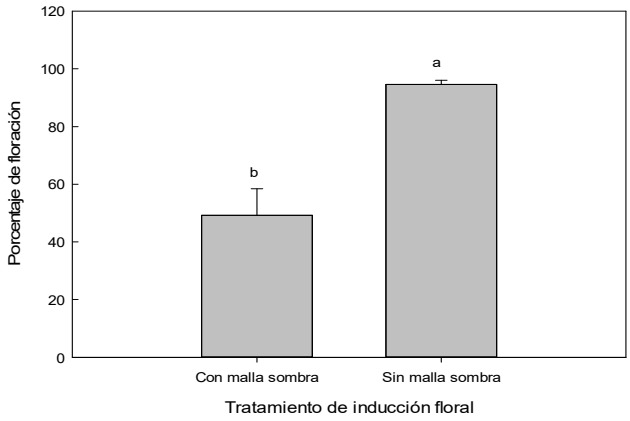


Figura 1. Porcentaje de floración de piña MD-2 en dos tratamientos de inducción floral aplicados en plantas con malla sombra y sin malla. Barras, ± error estándar; letras diferentes representan diferencia estadística significativa; p ≤ 0.01.

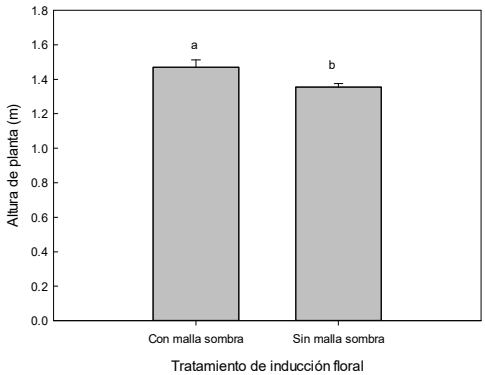


Figura 2. Altura de planta de piña MD-2 en dos tratamientos de inducción floral aplicados en plantas con malla sombra y sin malla. Barras, ± error estándar; letras diferentes representan diferencia estadística significativa; p= 0.049.

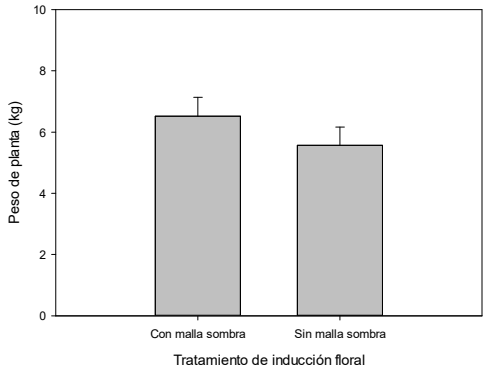


Figura 3. Peso de planta de piña MD-2 en dos tratamientos de inducción floral aplicados en plantas con malla sombra y sin malla. Barras, ± error estándar; No hubo diferencia estadística significativa, p= 0.312.

Conclusiones

Al aplicar el gas etileno en el tratamiento sin malla sombra, se obtuvo el 94% de eficiencia la inducción floral mientras que en el tratamiento con malla sobra, únicamente se obtuvo una eficiencia del 49%.

Referencias bibliográficas

Bartholoew, D. P. and Sanewsky, G. M. 2018. Inflorescence and Fruit Yield in the Pineapple; Botany, Production and Uses, G. Sanewsky, D. P. Bartholomew and R. E. Paull. Eds., pp- 233-268, CABI, Wallingford: UK, 2nd edition.

López-Vázquez M.A., A. Rebolledo-Martínez, R.L. Rebolledo-García, N. Peralta-Antonio y L. Rebolledo-Martínez. 2023. Efecto del acolchado plástico y la malla sombra en el control de la floración natural en piña MD2 1147-1156 p. *In*: López-Vázquez M.A, Tosquy-Valle O.H., Peralta-Antonio Naín, Rebolledo-García R.L. y Capetillo-Burela A. Ciencia y tecnología para un campo productivo y sustentable. 1ª. Edición, Veracruz, México.

Rebolledo Martínez, A., D. E. Uriza Ávila, A. L. Del Ángel Pérez, L. Rebolledo Martínez y R. Zetina Lezama. 2016. Piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín, Ver., México. 324 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Uriza-Ávila, D.E., A. Torres-Ávila, J. Aguilar-Ávila, V.H. Santoyo-Cortés, R. Zetina-Lezama y A. Rebolledo-Martínez. 2018. La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. México: UACh. 484 p.

PECUARIA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

FRECUENCIAS GÉNICAS DE LOS ALELOS A1 Y A2 DEL GEN CSN2 EN VACAS DE LECHERÍA TROPICAL EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

José A García-Salas[1], Ana K Huesca-Rodríguez[1], Maribel Montero-Lagunes[2], Belisario Domínguez-Mancera[1], Antonio Hernández-Beltrán[1], Anthony Valverde A.[3] y Patricia Cervantes-Acosta[1]*

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico Biotecnología para la Producción y la Salud Animal, Universidad Veracruzana, Veracruz, México, *pcervantes@uv.mx
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental "La Posta", Veracruz, México, C.P. 94277, montero.maribel@inifap.gob.mx
[3]Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Agronomía, AndroTEC, Campus Tecnológico San Carlos, Alajuela 223-21002, Costa Rica.
Autor para correspondencia: anvalverde@itcr.ac.cr

Palabras clave: *Producción de leche, Ganado cebú, Variantes alélicas*.

Introducción

Una parte importante de la fuente de ingresos en las familias ganaderas en el estado de Veracruz es la producción de leche, esta se produce principalmente a partir de razas de lechería tropical, compuestas por la especie *Bos indicus* y las resultantes de sus cruzas con *Bos taurus;* destacan, las razas Indobrasil, Gyr, Girolando y Sardo Negro y otros cruzamientos indeterminados con Suizo Pardo y Holstein. La leche es fuente importante de proteína animal, microelementos y péptidos bioactivos. La leche de vaca contiene dos grupos de proteínas: caseínas que representan el 80% (α-S1, β, α-S2 y κ caseína) y 20% de proteínas de suero (α-lactoalbúmina y β-lactoglobulina). Los genes codificantes de las caseínas son, CSN1S1, CSN2, CSN1S2 y CSN3, se encuentran ubicados en el orden indicado en un grupo de 250 kb de longitud en el cromosoma 6q31-33 de los bovinos (Ahmed *et al*., 2017) La β-caseína (CSN2) es la segunda proteína más abundante en la leche de vaca (49%) compuesta por 209 aminoácidos. El gen que la regula es mutialélico con trece variantes alélicas, A1 y A2 son las más comunes. La proteína CSN2 original en bovinos era la A2, originaria de razas puras asiáticas y africanas, la variante A1 surgió de una mutación genética tras la domesticación de los bovinos y se propagó como resultado de las prácticas de cría y la migración humana. La mutación resultó del polimorfismo de un solo nucleótido en el codón 67 del exón 7 del gen, donde el triplete CCT (A2, prolina) muta y resulta CAT (A1, histidina). La leche de la variable A2 es más compatible con la CSN2 humana que la A1 en términos de degradación digestiva; con A2 efectos benéficos en el sistema gastrointestinal y sin efectos negativos a la salud humana y con asociación a propiedades reductoras de colesterol y triacilglicéridos. Mientras que la variante A1 produce un péptido bioactivo denominado β-casomorfina-7 (BCM-7), que puede desempeñar un papel etiológico poco claro en el desarrollo de algunas enfermedades en humanos, tales como: enfermedad isquémica del corazón, diabetes mellitus tipo 1, síndrome de muerte súbita infantil (SIDS), desórdenes neurológicos, como autismo y esquizofrenia (Miluchová *et al*., 2023), rasgo que atrae atención en el ámbito de la salud pública. En estudios previos se han reportado variantes A1 en la mayoría de las razas lecheras *Bos taurus* de alta producción, excepto en Jersey y Guernsey, que presentan la variante A2. La variante A2 predomina en las razas de ganado *Bos indicus* (Kumar *et al*., 2020; Pabitra *et al*., 2022). En el estado de Veracruz es reducida la información sobre la caracterización genética del gen CSN2 y sus frecuencias alélicas de A1 y A2 en las poblaciones de cebú y de razas mejoradas o cruzadas. Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue identificar las variantes alélicas A1 y A2 en ADN de bovinos de la especie *Bos indicus* y de cruzamientos indeterminados de *Bos indicus* x *Bos taurus*. en tres hatos de lechería tropical en la zona centro del estado de Veracruz, para orientación en programas de selección genética de este tipo de proteínas.

Materiales y métodos

El estudio incluyó 142 muestras de ADN genómico de bovinos, de la especie *Bos indicus* (n=88) y encastes *Bos indicus* x *Bos taurus* (n=54), de tres hatos del estado de Veracruz. Se obtuvo sangre completa por punción coccígea en tubos al vacío con anticoagulante (EDTA 7.2 mg). La extracción de ADN fue por la técnica de precipitación salina con kit comercial (Wizard Genomic DNA Purification Kit-Promega®); el DNA se almacenó hasta su análisis en Buffer TE 1X a 4°C. El análisis del polimorfismo CSN2/C>A, fue por la técnica de reacción en cadena de la polimerasa alelo específico (AS-PCR), con la mezcla de cuatro cebadores específicos

sintetizados en Biotecnologías UNAM®; que amplifican los patrones genotípicos A1A1, A2A2 y A1A2; dos externos y comunes para 277 pares de bases (pb) y dos internos y específicos para la variante A1 fragmentos de 277 y 209 pb, la variante A2 dos fragmentos de 277 y 108 pb, en individuos heterocigotos la combinación de 277, 209 y 108 pb, en acuerdo al protocolo de Pabitra *et al.* (2022). La secuencia del gen corresponde en el GenBank, número de acceso NC_037333.1 (Cuadro 1). La amplificación por AS-PCR comprendió una desnaturalización inicial a 95°C/10 minutos; 30 ciclos de desnaturalización 95°C/20 segundos, hibridación a 60°C/20 segundos; extensión a 72°C/20 segundos y extensión final a 72°C/5 minutos. La verificación del ADN y de los amplicones AS-PCR fue por electroforesis con voltaje constante, en gel de agarosa teñida con Bromuro de etidio [EtBr 0.5 mg/mL, SIGMA®], Agarosa 1.0%/TBE 1X-100 V/60 minutos, Marcador de alto peso molecular λ–DNA/*Hind* III Marker (Promega®) y Agarosa al 2.5% /TBE 1X-85 Volts/90 minutos, Marcador Low Molecular Weight DNA Ladder NEB®, respectivamente. La visualización de los geles para el registro de los fragmentos fue en un sistema de documentación digital de geles. Las frecuencias genotípicas y alélicas se calcularon por conteo directo. El equilibrio genético de los animales analizados se determinó por la prueba estadística de X^2, al comparar la heterocigosidad observada y esperadas bajo las condiciones del equilibrio Hardy-Weinberg (EHW).

Cuadro 1. Secuencia de oligonucleótidos alelo específicos y temperatura de hibridación.

Nombre del ligonucleótido	Secuencia de los oligonucleótidos	Tamaño del amplicón en pares de bases (pb)	T °C
Forward común	5'-CCTTCTTTCCAGGATGAACTCCAG-3'	277	60
Reverse común	5'-CAACATCAGTGAGAGTCAGGCTC-3'		
Forward A1A1	5'-CTTCCCTGGGCCCAACCA-3'	277, 209	
Reverse A2A2	5'-GATGTTTTGTGGGAGGCTGATAG-3'	277, 108	

Resultados y discusión

De acuerdo con la posición del aminoácido 67, la técnica AS-PCR permitió diferenciar los alelos A1 y A2 mostrados en la imagen del gel (Figura 1). Esta técnica de genotipado mostró en todos los individuos el fragmento común de 277 pb, mientras que los genotipos A1A2, A2A2 se encuentran representados por fragmentos específicos de alelos de 209 y 108 pb y 108 pb, respectivamente.

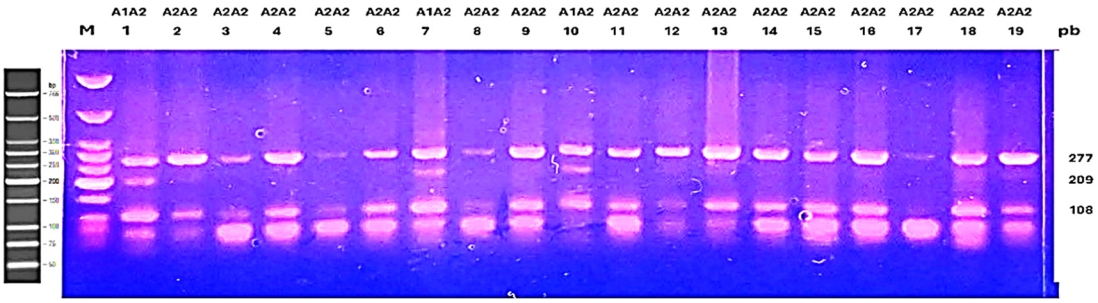


Figura 1. Electroforesis en agarosa 2.5%/TBE 1X de amplicones de los alelos A1 y A2 del gen CSN2 en bovinos. M = Marcador. Carriles 1, 7 y 10 (277, 209 y 108 pb); Heterocigotos A1A2; Carriles 2-6, 8, 9, 11 – 19, Homocigotos A2A2 (277 y 108 pb).

Las frecuencias genotípicas y alélicas del gen de la caseína beta en poblaciones de ganado cebú y mestizos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Frecuencias génicas y genotípicas de los alelos A1 y A2 de CSN2 y prueba X^2.

	Frecuencias génicas			**Frecuencias genotípicas**		
	A2	A1	DS	A2A2	A1A2	A1A1
n=	282	3		139	3	0
	0.99	0.01	0.898	0.98	0.02	0.00
	X^2 (un grado de libertad) 0.016^{NS}					

n= número de animales; DS= Desviación estándar; X^2= NS: no significativo p>0.001.

La frecuencia del genotipo A2A2 predominó en los tres hatos analizados (0.98), sobre el heterocigoto A1A2 (0.02) sin hallazgo de individuos A1A1 (0.0), mientras que las frecuencias génicas fueron para el alelo A2 0.99 y Alelo A1 0.01. La frecuencia del alelo A2 se relaciona con el predominio de los homocigotos A2A2. Del equilibrio de Hardy-Wienberg el valor de X^2 calculada con un nivel de significancia $p< 0.05$ y un grado de libertad (gl) fue de 0.016, menor a la X^2 tabulada (3.841), indica que en el total de la población no hay diferencia ($p> 0.05$) en los valores observados y los esperados; las poblaciones analizadas se encuentran en Equilibrio de Hardy- Weinberg. Estos resultados son similares a los publicados por otros autores con ganado *Bos indicus* (Pereira *et a*l., 2024). La diversidad genética determinada por comparación de las heterocigosidades fue baja en el total de la población con sólo tres individuos heterocigotos de la raza Gyr, que sugiere la herencia de algún ancestro *Bos taurus* portador de A1. Los hallazgos de esta investigación en la que los animales de cruzas *Bos indicus* x *Bos taurus* todos son genotipo A2A2, se relaciona a que estas cruzas son de razas cebuinas con Suizo americano predominante en la lechería tropical y que, de entre las razas europeas a esta se le reconoce como portadora del alelo A2, esto se manifiesta a través de los procesos de selección, que han permitido que el alelo aumente el valor genético de la producción de leche, proteínas y reducción del contenido de grasa en la leche (Pabitra *et al*., 2022). Sin embargo, la información sobre la relación de las variantes A1 y A2 de CSN2 con productividad y composición de la leche de vaca en condiciones tropicales, es escasa en esta región de México.

Conclusiones

El estudio mostró alta frecuencia del alelo A2-CSN2 en el ganado analizado, por ello se puede considerar que no hay variabilidad polimórfica en estos hatos. La determinación de los genotipos y los alelos de preferencia A2 ofrece diversas oportunidades para los productores. Entre ellas, incrementar el valor genético para la función proteica, reducir la presencia de la proteína A1 relacionada con posibles riesgos para la salud humana y, que la identificación de los alelos A1 y A2 permiten un criterio de descarte de animales A1A1 en un proceso de selección y crianza de animales de razas con genotipo A2A2. Algo muy importante que deben considerar los productores es la categorización de la leche como tipo A1 y A2, para su clasificación y comercialización. Es necesario establecer la relación de los genotipos de estos animales con el objetivo de identificar los posibles efectos de los alelos A1 y A2 en el rendimiento, las características de composición y el recuento de células somáticas, este último sugerido como parámetro para evaluar la salud de la glándula mamaria.

Referencias bibliográficas

Ahmed, A. S., Rahmatalla, S., Bortfeldt, R., Arends, D., Reissmann, M., & Brockmann, G. A. 2017. Milk protein polymorphisms and casein haplotypes in Butana cattle. Journal of Applied Genetics, 58: 261-271.

Kumar, S., Singh, R. V., Chauhan, A., Kumar, A., & Yadav, J. S. 2020. Analysis of beta-casein gene (CSN2) polymorphism in Tharparkar and Frieswal cattle. Indian Journal of Animal Research, 54(1): 1-5.

Miluchová, M., Gábor, M., Candrák, J. 2023. The Effect of the Genotypes of the CSN2 Gene on test-day milk yields in the Slovak Holstein Cow. Agriculture, 13(1): 154.

Pabitra, M. H., Maruf, T. M., Mony, S. I., Ebnat, R., Hoque, M. R., & Bhuiyan, M. S. A. 2022. Molecular characterization and A1/A2 genotyping of casein Beta gene in zebu and crossbred cattle of Bangladesh. 318-326

Pereira, N. G., de Sousa Xavier, M. A., Cardoso, L., Souza, G. A. A. D., Neves, J. F. R., de Oliveira, A. M. E., *et al*. 2024. Método de genotipagem para detecção de polimorfismos no gene CSN2 em vacas leiteiras Girolando. Cuadernos de Educación y Desarrollo, 16(6), e4588-e4588.

Agradecimientos

Este trabajo contó con la colaboración de los propietarios de las Unidades de Producción del estado de Veracruz: Rancho 4 Vientos, Mpio. Manlio F Altamirano; Ganadería Cerro de Oro, Mpio. Chinampa de Gorostiza; Rancho El Bordo, Mpio. Alto Lucero.

Investigación vinculada al Proyecto de la Red Iberoamericana sobre los Recursos Zoogenómicos y su Resiliencia (123RT0139) REZGEN-IBA, Red CYTED.

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ECOTIPOS DE *Setaria* spp. INTRODUCIDOS DE ÁFRICA A LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez-Quiroz[1*], Elías Yovan Guevara-Bautista[2], Maribel Montero-Lagunes[1], Arturo Ángel-Hernández[1] y Juan Prisciliano Zarate-Martínez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Posta, km 22.4 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, C. P. 94277, Paso del Toro, Medellín, Ver.
[2]Facultad de Ciencias, Agrícolas, Universidad Veracruzana. Zona Universitaria C. P. 91090, Xalapa-Enríquez, Ver.
*Autor para correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Forraje, Gramíneas, Proteína.*

Introducción

La ganadería tropical del país inicio un ciclo de evolución con el establecimiento de pastos de origen africano, los cuales se adaptaron bien a las condiciones edáficas y climáticas de estas regiones, además de ser más productivos que los nativos. La investigación en forrajes en México tiene una línea de investigación que consiste en la evaluación de la diversidad de germoplasma tanto de especies nativas como introducidas, lo cual ha derivado en la liberación de nuevos cultivares. Son muchas las especies de pastos que se han evaluado en el país y que actualmente se utilizan en forma masiva por los ganaderos en el trópico, sin embargo, el género *Setaria* es una gramínea que contiene más de 100 especies perennes y anuales distribuidas en los trópicos y subtropical del mundo, de ellas *Setaria sphacelata* (Stapf) es la especie forrajera más cultivada del género y se utiliza en muchos países tropicales y subtropicales (Cook *et al.,* 2020). El pasto *S. sphacelata*, es una especie que ha sido recomendada para su uso en países tropicales y subtropicales con una precipitación pluvial mayor de 1000 mm, temperaturas de 18 a 22°C, en altitudes desde el nivel del mar hasta los 2700 m, y suelos con pH de 5.5 a 6.5, con textura arenosos y arcillosos (Peters *et al*., 2011). Las Setarias tienen atributos deseables para un buen forraje, alta producción, persistencia, elevadas concentraciones de proteína cruda y un buen comportamiento de los animales (Jank *et al*., 2007). En Mexico esta especie ha sido poco estudiada dado que las referencias son escasas. Debido al vacío de información y a la oportunidad de evaluar germoplasma de esta especie, se planteó como objetivo determinar la producción de forraje y composición química de seis ecotipos de *Setaria* spp. en condiciones de clima cálido subhúmedo.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en Campo Experimental “La Posta” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Paso del Toro, municipio de Medellín, Veracruz. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente, precipitación promedio de 1337 mm, evaporación de 1380 mm y altitud de 16 m (García, 1973). El suelo es clasificado como Vertisol de textura migajón arcillo-arenosa. Los materiales evaluados fueron cinco ecotipos de *Setaria sphacelata* y uno de *S. megaphylla*, recolectados en su centro de origen, y proporcionados por el Banco de Germoplasma del ILRI (International Livestock Research Institute), ubicado en Etiopia. Inicialmente la semilla de los ecotipos se germinó charolas de poliestireno, una vez que alcanzaron una altura de 20 cm fueron trasplantadas en bolsas de vivero, las cuales se plantaron al inicio del temporal del 2014 en campo en donde se establecieron seis plantas en cada parcela o surco a una distancia de 1 m entre plantas y 2 m entre parcelas, considerando una planta como repetición por ecotipo. Para eliminar el efecto de borde se muestrearon solo las tres plantas centrales que encontraban en la parte media del surco. Una vez establecidas en campo se dio un corte de uniformización en marzo del 2015, y posteriormente se realizaron cuatro cortes con intervalos de 60 días, cosechando la planta completa a una altura de 15 cm. El forraje cosechado se pesó en una báscula electrónica y se tomó una submuestra de 200 gramos para secarlo a la estufa a 60°C hasta peso constante, pesándolo nuevamente para determinar el % de peso seco, y poder estimar la producción de materia seca por planta. La composición química se determinó en el laboratorio de nutrición del campo La Posta con las metodologías empleadas normalmente para realizar dichas determinaciones, en donde se determinó el contenido

de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (LIGN). El diseño del estudio fue de bloques completos al azar, utilizando la prueba de Tukey para comparación de medias.

Resultados y discusión

Las condiciones climáticas prevalecientes durante los meses de abril a octubre (tiempo en el cual se realizó este el estudio) se tuvo una precipitación total de 866 mm, cuya distribución por corte fue de 58, 152, 183 y 138 mm y las temperaturas fueron casi estables a través del tiempo, excepto para los primeros tres meses (marzo-mayo) en donde la precipitación fue muy inferior (Figura 1), que son valores típicos de clima tropical subhúmedo.

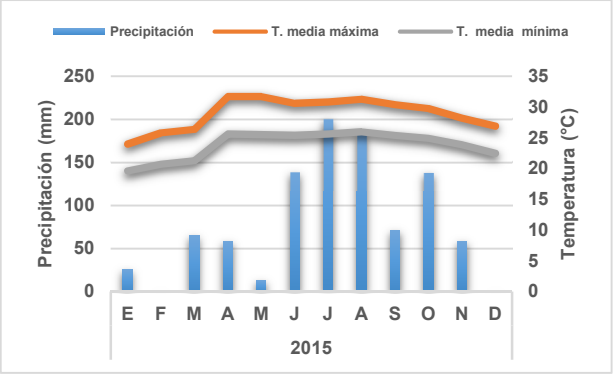


Figura 1. Condiciones meteorológicas del sitio experimental en Paso del Toro, Veracruz.

Producción de forraje. Los resultados de producción de forraje se presentan en el Cuadro 1, en donde se puede observar que hubo diferencias ($P<0.05$) en la producción de materia seca por corte, en donde destaca *S. sphacelata* 143T que prácticamente fue superior en los primeros tres cortes en comparación con el resto de los ecotipos evaluados, así como en la producción de materia seca total acumulada con 1697 g/planta, que fue diferente al resto de los ecotipos incluido el ecotipo 9787D de *Setaria megaphylla*, cabe señalar que este ecotipo, tuvo un pobre desempeño con una producción acumulada de 351 g/planta, valor muy inferior al alcanzado por el ecotipo 143T. Sin embargo, dichos rendimientos son bajos si se compara con el rendimiento que tuvieron otras especies evaluadas en condiciones similares a las descritas en este estudio, en donde *Brachiaria decumbens* 7364D alcanzó una producción de materia seca promedio de 2253 g/planta promedio de seis cortes realizados, (Enríquez *et al.,* 2016), con relación a lo anterior, es necesario mencionar que en el cuarto corte todos los ecotipos de *S. sphacelata*, mostraron rendimientos muy bajos y prácticamente estaban desapareciendo de las parcelas, por lo que los ecotipos evaluados, mostraron baja adaptación a las condiciones en que se realizó la presente evaluación, ya que a pesar de que las condiciones ambientales de temperatura y precipitación fueron favorables para el desarrollo de las gramíneas en general, estas mostraron un pobre desempeño. En México en los años 70s fueron introducidos al estado de Tabasco, los cultivares Nandi y Kazungula de *S. sphacelata*, para ser utilizados en diversas localidades del trópico húmedo y seco del país. Sin embargo, ambos cultivares no prosperaron ni fueron prácticamente adoptadas por ganaderos, actualmente en el sureste de México es raro encontrar unidades de producción que utilicen este pasto (Meléndez, 2012). Al parecer esta especie se desarrolla mejor en regiones con climas que presentan menores temperaturas que las que prevalecen en el trópico bajo, posiblemente en altitudes por arriba de los 600 m.

Cuadro 1. Producción de materia seca (g/planta) por corte y total de diferentes especies y ecotipos *de Setaria* spp. en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Especie	No. Ecotipo ILRI	MSC1	MSC2	MSC3	MSC4	MSTOT
Setaria megaphylla	9787D	143 b	104 b	63 b	41 a	351 b
Setaria sphacelata	13237D	132 b	48 b	41 b	57 a	278 b
Setaria sphacelata	13102D	126 b	70 b	63 b	176 a	434 b
Setaria sphacelata	13277D	74 b	87 b	88 b	54 a	303 b
Setaria sphacelata	9631D	112 b	88 b	51 b	95 a	347 b
Setaria sphacelata	143T	421 a	502 a	637 a	137 a	1697 a
Promedio		168	150	157	93	568

Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes entre sí (Tukey P≤ 0.05).

Composición química. La composición química de los ecotipos incluidos en la evaluación se presentan el Cuadro 2, en donde se encontraron diferencias entre ecotipos en proteína cruda, FDA y lignina. Es de destacar que los contenidos de proteína del ecotipo 13102D, fueron diferentes (P<0.05) al resto de los materiales, además de muy altos para esta edad de rebrote (60 días) con valores que fluctuaron de 7.7 a 14.7% de proteína, en donde normalmente otros ecotipos como *B. decumbens* mostraron valores de 6.7 a 8.5% de proteína en la época de lluvias (Enríquez *et al*., 2016), lo que respalda la tesis de que, dentro de la diversidad genética natural disponible en la naturaleza y conservada en los bancos de germoplasma, se encuentran ecotipos con características sobresalientes y que pueden ser seleccionados y utilizados en los sistemas de producción del trópico.

Cuadro 2. Composición química de diferentes especies y ecotipos de *Setaria* spp., *e*n Paso del Toro, Veracruz.

Especie	No. Ecotipo ILRI	Época de lluvias			
		PC	FDN	FDA	LIGN
Setaria megaphylla	97987D	10.5 bc	75 a	37 c	6.2 ab
Setaria sphacelata	13237D	12.6 ab	73 a	42 a	6.4 ab
Setaria sphacelata	13102D	14.7 a	78 a	38 bc	5.9 b
Setaria sphacelata	13277D	7.7 c	75 a	41 ab	8.0 a
Setaria sphacelata	9631D	7.5 c	77 a	42 a	6.7 ab
Setaria sphacelata	143T	9.7 bc	78 a	42 a	6.2 ab

Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes entre sí (Tukey P≤ 0.05).

Conclusiones

El ecotipo más destacado en esta evaluación preliminar fue: *Setaria sphacelata* 143T, el cual tuvo la producción más alta de materia seca, así como valores intermedios en su composición química.

Referencias bibliográficas

Cook, B.G., B. Pengelly C., R. Schultze-Kraft, M. Taylor. S. Burkart, J. Cardoso A. *et al*. 2020. Forrajes tropicales: una herramienta interactiva de selección. 2ª edición revisada. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, e Instituto Internacional de Investigación Ganadera (ILRI), Nairobi, Kenia. www.tropicalforages.info https://tropicalforages.info/pdf/setaria_sphacelata.pdf

Enríquez Q.J.F., A.J. AVillanueva F. y L. Montero M. 2016. Evaluación y selección de ecotipos de *Brachiaria decumbens* procedentes de África, para Veracruz. pp. 574-576. In. Memoria de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. 52 RNIP. 30 de noviembre al 2 de diciembre 2016. Querétaro, Querétaro.

Jank, L., K. Quesenberry H., L. Sollenberger E., D. Wofford S., P. Lyrene M. 2007. Selection of morphological traits to improve forage characteristics of *Setaria sphacelata* grown in Florida. New Zealand Journal of Agricultural Research, 50(1):73-83.

Meléndez N. F. 2012. Principales forrajes para el trópico. Secretaria de Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesca del estado de Tabasco. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco pp. 305-310.

Peters, M., L. Franco H., A. Schmidt y B. Hincapié. 2011. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores del trópico americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical. BMS/gtz. Cali, Colombia. 214 p.

Fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto financiado con Recursos Fiscales “Preservación, Caracterización y Evaluación de Recursos Genéticos Forrajeros en tres Regiones Agroecológicas de México”.

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA SOBRE EL CRECIMIENTO DE TILAPIA (*Oreochromis* spp.) EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

Rubén Purroy-Vasquez[1]*, Alejandro Llaguno-Aguiñaga[1], A. David Flores-Flores[1], Yetlanezi Olivares-Martinez[1], A. Mayeli Garcia-López[1], Sara Haydee Castillo-Velasco[1], Jasiel Valdivia-Sánchez[1] y Jorge Armida-Lozano[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, km 4 carretera a la Compañia S/N, Tepetlitlanapa, Zongolica, Ver. CP. 95005.
*Autor de correspondencia: ruben_purroy_69@zongolica.tecnm.mx

Palabras clave: *Acuicultura sostenible, Variables limnológicas, Rendimiento productivo, Monitoreo ambiental.*

Introducción

La tilapia (*Oreochromis* spp.) es una de las especies más cultivadas en la acuicultura mundial, gracias a su resistencia, rápido crecimiento y aceptación comercial; sin embargo, su desempeño zootécnico está estrechamente vinculado a la calidad del agua en los sistemas de producción, la cual influye directamente en parámetros fisiológicos y tasas de supervivencia. En este contexto, los sistemas acuícolas de recirculación (RAS, por sus siglas en inglés) han cobrado relevancia por su capacidad para mantener condiciones estables del medio, reducir el consumo hídrico y controlar de forma eficiente los contaminantes. Estos sistemas permiten una producción intensiva en espacios reducidos, mejorando el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental. El objetivo del presente estudio fue identificar la relación entre variables fisicoquímicas del agua como: pH, oxígeno disuelto, nitritos, amoníaco, nitratos, temperatura, conductividad y sólidos disueltos totales y el crecimiento de tilapias, expresado en talla y peso promedio. El experimento se desarrolló en un sistema cerrado y controlado durante varias semanas, replicando condiciones típicas de producción con seguimiento semanal de parámetros críticos. Se busca identificar los factores hídricos que condicionan el rendimiento productivo y generar información aplicable al diseño de estrategias de manejo más eficientes.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el municipio de Cuichapa, Veracruz, una zona de clima cálido-húmedo con temperatura media anual de 25°C y humedad relativa del 80%, lo que proporciona un entorno favorable pero también desafiante para la acuicultura intensiva. Se implementó un sistema acuícola en un estanque circular de geomembrana con capacidad de 6,000 L, provisto de un sistema de tratamiento multietapa compuesto por un filtro decantador, un filtro mecánico con medio filtrante de tepezil y un biofiltro con tapas plásticas como soporte para la colonización de bacterias nitrificantes. En este sistema se sembraron 180 alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.) con un peso inicial promedio de 1.8 ± 0.2 g. La alimentación consistió en un concentrado comercial con 32% de proteína bruta, administrado al 4% de la biomasa total, fraccionado en dos raciones diarias (08:00 y 16:00 h) para optimizar la conversión alimenticia. Cada 15 días se registraron las variables peso y talla promedio, mientras que semanalmente se realizó el monitoreo *in situ* de parámetros fisicoquímicos del agua, incluyendo pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS), nitritos y nitratos, utilizando instrumentos multiparamétricos calibrados. Para determinar la asociación entre las variables ambientales y los indicadores de crecimiento, se aplicó un análisis de correlación de Pearson ($\alpha = 0.05$), procesado mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 26.

Resultados y discusión

El análisis descriptivo reveló que los valores promedio de talla y peso de tilapia durante el periodo de estudio fueron de 6.19 cm y 9.70 g, respectivamente, con desviaciones estándar de 2.56 y 8.87. Entre las variables fisicoquímicas del agua, la temperatura promedio fue de 20.05°C, con una desviación de 3.20°C, mientras que el oxígeno disuelto se mantuvo en un promedio de 10.20 mg/L. El pH del agua presentó un valor medio de 8.14, con una ligera variabilidad (±0.51), situándose en el rango óptimo para el cultivo de tilapia. En cuanto a los nutrientes disueltos, los nitratos mostraron una media de 0.12 mg/L, y la conductividad eléctrica alcanzó un promedio de 292.41 µS/cm. La relación de Pearson evidenció una correlación positiva significativa entre talla y peso ($r=0.707$, $p<0.05$), lo cual confirma el crecimiento proporcional de los peces. Además, la talla mostró una

fuerte asociación con la temperatura (r=0.924, p<0.01), lo que indica que el crecimiento de los peces estuvo fuertemente influenciado por este factor. De forma similar, el peso presentó una correlación positiva con la temperatura (r=0.833, p<0.05), lo que reafirma la importancia de este parámetro en el desarrollo somático de la especie. La conductividad mostró correlación positiva con los TDS (r=0.957, p<0.01) y el pH se asoció significativamente con el oxígeno disuelto (r=0.746, p<0.05). Estos hallazgos permiten establecer relaciones directas entre la calidad del agua y los indicadores de crecimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones significativas entre las variables de calidad del agua y los parámetros de crecimiento de tilapia.

Variable 1	Variable 2	r (Pearson) / p
Talla promedio	Temperatura (°C)	r = 0.924** / p = 0.001
Peso promedio	Temperatura (°C)	r = 0.833* / p = 0.010
Talla promedio	Peso promedio	r = 0.707* / p = 0.050
Conductividad	TDS	r = 0.957** / p = 0.000
pH	Oxígeno disuelto	r = 0.746* / p = 0.034

Los resultados obtenidos refuerzan la relevancia de controlar los parámetros fisicoquímicos del agua en sistemas acuícolas. La fuerte correlación entre temperatura y variables de crecimiento, como la talla y el peso, concuerda con lo señalado por El-Sayed (2006), quien subraya que la temperatura óptima incrementa la tasa de alimentación y el metabolismo en tilapias. Asimismo, la asociación entre pH y oxígeno disuelto, evidencia que un entorno ligeramente alcalino favorece la oxigenación del medio, mejorando la conversión alimenticia y el bienestar de los organismos (Llarena-Reino *et al*., 2018).

La estrecha relación entre conductividad y TDS puede asociarse con la estabilidad iónica del agua, la cual impacta indirectamente el crecimiento al afectar la biodisponibilidad de nutrientes (Sánchez *et al*., 2020). Por otro lado, la baja variabilidad en los niveles de nitratos y amoníaco puede estar relacionada con una adecuada gestión de residuos y una carga biológica equilibrada en el sistema de cultivo.

Las correlaciones halladas apoyan el enfoque integrado de monitoreo, donde el control simultáneo de temperatura, oxígeno, pH y sales disueltas puede optimizar significativamente la producción de tilapia (Tayamen y Shelton, 2004; Morán-López *et al*., 2023). Estos hallazgos son consistentes con prácticas de acuicultura sostenible y respaldan la implementación de sistemas de control automático en unidades productivas.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian que el crecimiento somático de tilapia (*Oreochromis* spp.*)* está estrechamente vinculado con variables fisicoquímicas del agua, en particular la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto. Estas variables mostraron correlaciones positivas significativas con la talla y el peso promedio, lo cual indica que su monitoreo y regulación precisa son fundamentales para maximizar la eficiencia zootécnica en sistemas acuícolas. La temperatura como modulador metabólico influye directamente en el consumo de alimento, la conversión alimenticia y el desarrollo estructural de los peces. Por su parte, un pH estable y niveles óptimos de oxigenación son determinantes en la homeostasis fisiológica y la reducción del estrés hídrico. En este sentido, el manejo integral y continuo de la calidad del agua, especialmente en sistemas de recirculación, representa una herramienta estratégica para incrementar el rendimiento productivo y reducir riesgos sanitarios. Los hallazgos de esta investigación aportan evidencia empírica útil para el perfeccionamiento de protocolos técnicos y la toma de decisiones orientadas a una acuicultura intensiva con enfoque sostenible, resiliente y adaptable a condiciones tropicales como las del municipio de Cuichapa, Veracruz.

Referencias bibliográficas

El-Sayed, A. F. M. 2006. Tilapia Culture. CABI Publishing.

Llarena-Reino, M. *et al.* 2018. Physicochemical parameters and their effects on tilapia growth in aquaculture systems. Aquaculture Reports 12:40-47.

Sánchez, J. L., A. Rojas y M. Vega. 2020. Conductividad y calidad del agua en sistemas intensivos de tilapia. Tropical and Subtropical Agroecosystems 23:129-138.

Tayamen, M. M. and W. L. Shelton. 2004. Development and dissemination of genetically improved tilapia in the Philippines. Aquaculture Economics & Management 8(1-2):93-101.

Morán-López, M. *et al.* 2023. Evaluación de parámetros limnológicos en el crecimiento de tilapia. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 14(1):105-115.

SEROFRECUENCIA DE BRUCELLOSIS EN BÚFALOS DE AGUA (*Bubalus bubalis*) DE TRES ESTADOS DEL SURESTE MEXICANO

Raúl Miguel Reyes-Sandoval[1]*, Dora Romero-Salas[1] y Rebeca Isabel Vergara-Reyes[1]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Laboratorio de Parasitología, Unidad de Diagnóstico "Torreón del Molino"
* Autor para correspondencia: raulreyes@uv.mx

Palabras clave: *Aborto*, *Bubalinocultura*, *Epidemiología*.

Introducción

La brucelosis fue descrita para el año 1886 y sigue siendo un problema de salud pública principalmente para los países en vías de desarrollo. Esta enfermedad está presente en gran parte de Latinoamérica (Lozano-López *et al*., 2022) y es una de las enfermedades zoonóticas más comunes e importantes, endémica en más de 170 países. La brucelosis bovina es normalmente ocasionada por *Brucella abortus*, que es un cocobacilo Gram negativo, intracelular facultativo, aerobio obligado, que carece de cápsula; dicha enfermedad es principalmente reproductiva y entre su signología podemos observar epididimitis, orquitis y artritis en los machos, mientras que, en hembras se puede observar aborto y retención placentaria (Baltazar-Pérez *et al*., 2022). Esta enfermedad afecta la salud del ganado y la economía de personas que dependen de la ganadería; las principales pérdidas son debidas a la disminución de la producción de leche, abortos, eliminación de animales infectados, obstáculos para el comercio internacional, gastos médicos, administrativos y gubernamentales en programas de control, entre otros (Khurana *et al*., 2021).

En México se han realizado programas de erradicación durante los últimos 30 años. Actualmente los búfalos de agua tienen un papel importante en la ganadería, son animales rústicos y fácilmente adaptables; en ellos la brucelosis es causada por *B. abortus* y su seroprevalencia mundial se calculó en 9.7%. Actualmente hay cerca de 58 mil búfalos en México y desde su introducción a este país (hace más de 30 años) la situación epidemiológica que *B. bubalis* tiene frente a la brucelosis, es incierta. Para noviembre de 2024, la especie no es considerada en la NOM-041 ZOO-1995, Campaña Nacional contra la Brucelosis en los Animales y hay poca información sobre brucelosis y su seroprevalencia en los búfalos de agua. El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia serológica de *Brucella* spp. en búfalos de agua en los estados de Campeche, Tabasco y Oaxaca, México.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio epidemiológico transversal, tomando Unidades de Producción Bufalinas (UPB) de los estados de Campeche, Tabasco y Oaxaca. Las UPB fueron seleccionadas por muestreo no probabilístico de bola de nieve, contactando asociaciones de criadores de búfalos para invitarlos a participar después de hacer de su conocimiento los objetivos y detalles del proyecto. Basados en la aceptación de los ganaderos y conociendo el total del hato de cada UPB, se obtuvo la sumatoria de la población bufalina de cada estado (N), se calculó la población (n) para un muestreo simple aleatorio con prevalencia esperada de 0.5% (Baltazar-Pérez *et al*., 2022). La toma de muestras se realizó en febrero y en julio de 2023 para los estados de Campeche y Tabasco, respectivamente y en febrero de 2024 para Oaxaca, colectando la sangre por punción de la vena yugular externa con sistema de vacío sin anticoagulante. En cada UPB se realizó una encuesta general y una individual, en las que se identificó a cada individuo por medio del número de arete de SINIIGA o numeración interna de cada UPB. La prueba de tarjeta con Rosa de Bengala (RB) se usó como tamiz y Rivanol (RV) como confirmatoria. Para la prueba de tarjeta con RB se utilizó una suspensión de células inactivadas de *Brucella abortus* de la cepa 1119-3, tamponadas y teñidas, con pH 3.6 a concentración del 8% (Lote 4720042, caducidad: marzo, 2025), siguiendo las indicaciones del fabricante, la prueba se interpretó como sospechosa o negativa. En el caso de la prueba de RV, se empleó paquete celular de *Brucella abortus* cepa 1119-3 inactivada por calor, coloreado, concentrado al 4% y pH 5.8 a 6.2, Aba Test Rivanol siguiendo las indicaciones del fabricante. La lectura se realizó en un aglutinoscopio; la prueba se interpretó como positiva cuando se presentó aglutinación en concentraciones ≥ 1:25. Finalmente, con el uso de la página VassarStats: Website for Statistical Computation (en línea) se estimaron las frecuencias e intervalos de confianza al 95%.

Resultados y discusión

Se analizaron 825 sueros bufalinos con la prueba de RB, de 18 unidades de producción bufalina, nueve municipios y tres estados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Presencia de aglutinación en sueros bufalinos para las pruebas RB y RV en los tres estados y unidades de producción bufalina.

Estado	n	RB	RV 1:25	RV 1:50	RV 1:100	RV 1:200	RV 1:400
Campeche	393	11	8	7	6	5	4
Tabasco	300	19	14	14	11	8	5
Oaxaca	132	3	3	3	2	2	1
Total	825	33	25	24	19	15	10
Frecuencia %		4.0	3.0	2.9	2.3	1.8	1.2
$IC_{95\%}$		2.81-5.6	2.0-4.5	1.9-4.3	1.4-3.6	1.0-3.0	0.06.0-2.2

Con respecto a las UPB, 12 de las 18 (66.6%) presentaron búfalos reactores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Serofrecuencia con RV ≥1:100, para los municipios estudiados.

Estado	Municipio	N	≥1:100	Frecuencia	$IC_{95\%}$
Campeche	Palizada	255	12	4.71	2.72-8.05
	Escárcega	11	3	27.27	9.74-57.57
	Carmen	127	0	-	-
Tabasco	Centro	198	23	11.62	7.87-16.83
	Nacajuca	15	0	-	-
	Huimanguillo	45	1	2.22	3.9-11.56
	Macuspana	42	0	-	-
Oaxaca	San P. Mixtepec	31	0	-	-
	Pinotepa Nacional	101	5	4.95	2.13-11.7
Total		825	44	5.33	3.94-7.15

Referente al sexo, se evaluaron 93 machos y 723 hembras y ningún macho resultó positivo; de forma contrastante, 10 hembras mostraron aglutinación a concentración de 1:400, encontrando diferencia estadística con esta variable (Ji^2= 7.4; P=0.025). En este trabajo se contemplaron animales desde un mes hasta 22 años; cuatro sueros de animales menores de un año aglutinaron con RV, presentando aglutinación hasta 1:400. El suero de 24 animales entre 1 y 10 años fue positivo para RB, presentando aglutinación de 1:25 hasta 1:400 y cuatro animales >10 años presentaron aglutinación con RB hasta 1:50. (Ji^2= 14.4, P= 0.702).

En pocos estudios sobre *Brucella* spp. en búfalos mexicanos se reportan seroprevalencias por encima de las reportadas en vacunos. El primer reporte de Veracruz mostró seroprevalencia de 13 y 7% para RB y RV, respectivamente, con tres UPB; en un segundo estudio que incluyó tres UPB en Veracruz y dos en Tabasco se determinó una prevalencia del 0.5% con la prueba de ELISA (Baltazar-Pérez *et al*., 2022).

La seroprevalencia mundial en *B. bubalis* previa al 2010 fue del 20.8 y de 4.2% en la década posterior, lo que demuestra el éxito de las medidas de control *in situ* propuestas por la Organización Mundial de Sanidad Animal, que reconoce la mejoría en el control de las zoonosis dentro de países en vías de desarrollo. Los estudios realizados en México también demuestran mejoría, sin embargo, las zonas estudiadas con anterioridad no son actualmente representativas de la población bufalina en este país. En los tres estados se detectaron animales seropositivos; sin embargo, en Campeche y Oaxaca no había reportes previos. Llama la atención que el estado de Campeche actualmente se encuentre en fase de erradicación y en las UPB de los municipios de Palizada y Escárcega que presentaron animales seropositivos a RV, llegando a concentraciones de 1:400. Por el contrario, el municipio de Carmen no reportó animales seropositivos. En los tres estados se reportan UPB sin animales seropositivos, sin embargo, es necesario considerar que se trata de una muestra de la población total. Es bien conocido que la asociación de factores humanos y animales con el ambiente pueden contribuir al aumento o disminución de los factores de riesgo en cada nicho ecológico o área endémica (Bonilla-Aldana *et al*., 2023).

La edad es un factor de riesgo que aumenta con el tiempo para el caso de enfermedades parasitarias como neosporosis y toxoplasmosis en búfalos de agua (Baltazar-Pérez *et al*., 2022); también se ha registrado este fenómeno en enfermedades bacterianas como leptospirosis y virales en *B. bubalis*.

Conclusiones

Los factores de riesgo para la infección en animales y humanos son conocidos, también están debidamente identificadas las complicaciones que existen en cuanto a normativa. Sin embargo, la brucelosis es un problema de salud pública. México es uno de los países con mayor presencia de brucelosis en Centroamérica, la serofrecuencia del 3% con RV (1:25) en los tres estados lo confirma. Se sabe que la seroprevalencia de una enfermedad puede variar, debido a las características de cada país o región, por lo que, los resultados encontrados deben interpretarse con precaución. A pesar de las bondades y oportunidades que presentan los búfalos de agua se necesitan acciones para definir su estado epidemiológico y considerarlos en las NOM pertinentes.

Referencias bibliográficas

Baltazar-Pérez J., F. Utrera-Quintana, J. Camacho-Ronquillo *et al*. 2022. Prevalence of *Neospora caninum*, *Toxoplasma gondii* and *Brucella abortus* in water buffalo (*Bubalus bubalis*): Climatic and environmental risk factors in eastern and southeast Mexico. Microb. Patholog. 73:105871.

Bonilla-Aldana, D. K., A. E. Trejos-Mendoza, S. Pérez-Vargas, E. Rivera-Casas, F. Muñoz-Lara, L. I. Zambrano *et al*. 2023. A systematic review and meta-analysis of bovine brucellosis seroprevalence in Latin America and the Caribbean. New Microbes New Infect. doi: 10.1016/j.nmni.2023.101168.

Khurana, S. K., A. Sehrawat, R. Tiwari, M. Prasad, B. Gulati, M. Z. Shabbir *et al*. 2021. Bovine brucelosis - a comprehensive review. Vet. Q. 41(1):61-88.

Lozano-López, E., D. Austreberta-Nazar-Beutelspacher, J. Nahed-Toral. 2022. Brucelosis bovina y humana en el sur de México: una zoonosis desatendida. Revista Chilena de Infectología 39(2):157-165.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado con la Beca de Estancia Posdoctoral por México en modalidad Académica otorgada al primer autor y el apoyo del SNII al CVU 437053.

INFLUENCIA DEL EFECTO TORO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE EMBRIONES *in vitro* EN EL TRÓPICO

Alondra Zavaleta-Martínez[1*], Manuel Barrientos-Morales[1], Patricia Cervantes-Acosta[1], Antonio Hernández-Beltrán[1], Araceli Rodríguez-Andrade[2] y Belisario Dominguez-Mancera[1]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico Biotecnología para la Producción y la Salud Animal, Veracruz, México.
[2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz. Departamento de ingeniería Química-Bioquímica.
*Autor de correspondencia: beldominguez@uv.mx

Palabras clave: *mCASA iSperm®*, *Fecundación in vitro*, *Seminograma.*

Introducción

En la producción de embriones *in vitro* (PIV) en bovinos, el toro (raza, fin zootécnico, grupo genético) como el semen (calidad y características del eyaculado) juegan un papel fundamental en el éxito del proceso. Toros con alto valor genético para características deseables como producción de leche, carne, fertilidad, tienden a ser preferidos. La variabilidad genética entre toros puede influir en la tasa de fertilización y el desarrollo embrionario *in vitro* (Gebreyesus *et al*., 2024). Algunos toros, aun con buena calidad seminal aparente, muestran baja eficiencia en fecundación *in vitro*. Se habla de "Efecto Toro" para describir cómo la genética y la fisiología individual pueden afectar la capacidad fecundante del semen en condiciones *in vitro*. El rendimiento previo en la producción de embriones *in vitro* (número de embriones producidos por lote de ovocitos), puede servir como predictor del rendimiento futuro (Gebreyesus *et al*., 2022). Entre los factores relacionados con el semen; la movilidad progresiva, concentración espermática, morfología, integridad de membranas y viabilidad espermática post-descongelado influyen directamente en el éxito de la fecundación (Abraham *et al*., 2016).

Materiales y métodos

Zona de estudio: el estudio se realizó en el trópico mexicano en unidades de producción pecuaria (UPP) distribuidas en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz.

Animales experimentales: Los complejos *Cumulus oophorus* (CCO's; N = 5896) se obtuvieron a partir de 205 donadoras bovinas (DB) cebú sin super-ovulación por medio de la técnica de aspiración folicular guiada por ultrasonido (OPU), con una cantidad promedio de 28.76 CCO´s por DB (26.06 - 31.46; $p<0.05$) y una viabilidad de 66.20% (63.61 - 68.79: $p<0.05$).

Manejo nutricional y zoosanitario: Las DB inician un plan nutricional adicionado con sales minerales *ad libitum* y grasa de sobrepaso (300 g/animal Percutrin Energy, Bayer; Leverkusen, Alemania) con ≥30 días antes de la OPU, mientras que, su alimentación consiste en pastoreo extensivo con pastos nativos *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria humidicola*; algunas unidades añaden a la dieta alimento comercial con 16% de proteína. El plan zoosanitario contempla baño garrapaticida y vacunación contra enfermedades virales.

Obtención de CCO's: se realizó por medio de OPU, permitiendo recolectar las estructuras a partir de folículos ováricos de diámetro de 2-8 mm; se utilizó un catéter desechable de 19 "G" (Punzocat), acoplado a una línea de teflón con presión negativa de 70 mm/Hg. Previo a la aspiración, se aplicó anestesia epidural entre el espacio de la última vértebra sacra y la primera coccígea. Con el transductor vaginal (Ecógrafo mindray DP-10 vet), se identificaron los ovarios y las estructuras foliculares, siendo aspiradas por medio del transductor micro convexo de 7.5 MHz de frecuencia, con una guía transvaginal para aspiración folicular. Las estructuras se depositaron en un tubo cónico de 50 mL con 5 mL de D-PBS suplementado con 10UI/mL (0.1%) de heparina por cada DB. Se recolectó el contenido folicular para posteriormente ser lavado con 50mL de D-PBS con un filtro EmCon de 75 micras (Agtech, USA) y colocados en una placa de Petri (60 x 15 mm). Las estructuras encontradas en el lavado se cuantificaron, evaluaron y seleccionaron de acuerdo con sus características morfológicas. Durante la FIV los CCO´s se colocaron en gotas de FIV de 50 µL (FIV-Salt Biotech® Brazil), teniendo como máximo 28 estructuras por gota. Se descongelaron las pajillas de semen en baño maría (termo WTA) a 36ºC; el semen se colocó en tubos de 1,5 mL (Eppendorf) con gradiente de Percoll. Se utilizó el analizador de esperma móvil asistido por computadora (mCASA) iSperm® bovine software v6.0 para obtener los parámetros del semen previo a la FIV. Posterior a la adición de los espermatozoides al medio de fertilización, se colocaron en incubadora de banco (Eve,

WTA® Dinamarca) y eliminaron las células de cumulus dentro de las 18 a 22 horas posterior a la FIV; una vez desnudados los ovocitos se colocaron en cajas de Petri (35×10 mm; Corning Incorporated®) con 100 µL de medio de cultivo (CIV-Salt Biotech, Salt Biotech®, Brazil), 10% de suero bovino fetal (FBS, Gibco™, Thermo Fisher Scientific®, USA), 0,25 µL de antibiótico (Gentamicina, Pfizer®, USA) con un pH de 7.2 – 7.4 y 4 mL de aceite mineral (Ovoil, Vitrolife® Sweden). Los ovocitos fertilizados se incubaron durante siete días a 38.7°C, 5% de oxígeno, 5% de dióxido de carbono, 90% de nitrógeno y una humedad de 46% (Ávila-Rueda *et al*., 2024), se evaluaron por microscopia (Nikon ECLIPSE E200). Las variables dependientes fueron la división celular "clivaje" (evaluación posterior a las 48h de la FIV) y la producción embrionaria en etapa de blastocisto, mientras que, las variables independientes fueron la raza de toro, el grupo genético y el fin zootécnico (carne o leche), el sexado de semen, la concentración (millones/mL), la motilidad (%) y los espermatozoides utilizados. Los análisis contemplaron ANDEVA de una vía con el Software STATISTICA v.10. Las variables del semen se categorizaron en cuartiles.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1, en el que se observa que el efecto toro (raza, grupo genético y fin zootécnico) influye en el clivaje de los cigotos ($p<0.05$), siendo menor cuando se utilizan razas como Holstein; mientras que, al hacer uso de semen perteneciente al grupo genético *Bos indicus* tiene una mayor respuesta de clivaje ($p<0.05$), así como el fin zootécnico carne ($p<0.05$), pero sin diferencias ($p> 0.05$) al finalizar el proceso (embrión).

Cuadro 1. Efecto toro (raza, grupo genético y fin zootécnico) sobre el clivaje y producción embrionaria.

		N= 205	Clivaje	valor-p	Embrión	valor-p
Raza toro	Brahman	72	0.65 ± 0.03^{b}	0.001	0.36 ± 0.03^{a}	0.711
	Nelore	1*	0.00 ± 0.00		0.00 ± 0.00	
	Gyr	72	0.65 ± 0.03^{b}		0.38 ± 0.03^{a}	
	Sardo negro	29	0.62 ± 0.05^{b}		0.36 ± 0.05^{a}	
	Jersey	2*	0.50 ± 0.12		0.67 ± 0.12	
	Guzerat	14	0.69 ± 0.06^{c}		0.41 ± 0.10^{a}	
	Mestizo	1*	0.31 ± 0.00		0.00 ± 0.00	
	Angus	1*	0.77 ± 0.00		0.57 ± 0.00	
	Holstein	12	0.41 ± 0.23^{a}		0.39 ± 0.11^{a}	
	Brangus	1*	0.00 ± 0.00		0.00 ± 0.00	
Grupo genético	*Bos indicus*	188	0.65 ± 0.02^{b}	0.001	0.37 ± 0.02^{a}	0.611
	Bos taurus	15	0.44 ± 0.05^{a}		0.44 ± 0.09^{a}	
	Cruza	2*	0.15 ± 0.15		0.00 ± 0.00	
Fin zootécnico	Leche	14	0.42 ± 0.05^{a}	0.001	0.43 ± 0.10^{a}	0.491
	Carne	191	0.64 ± 0.02^{b}		0.37 ± 0.02^{a}	

*Toros con n= 1 y 2 no se incluyeron en el análisis (solo se muestran para los registros). ^{a,b} literales diferentes entre filas de la misma columna, son significativos ($p< 0.05$).

A partir de la fertilización *in vitro* de los CCO's, el destino del embrión se encuentra determinado por la crio preservación del semen, que es la fuente principal para la fecundación *in vitro,* que influye en el éxito de la producción de embriones (Ruiz y Valderrama, 2020). Para ello se han empleado diversas pruebas para evaluar la calidad de semen posterior a la descongelación (Pérez *et al*., 2021). En el Cuadro 2 se observa que las características seminales evaluadas en laboratorio (mCASA, iSperm®) influyen en la primera etapa de desarrollo embrionario. El semen utilizado en la fertilización de los CCO´s *in vitro* influye en el clivaje, el uso de semen convencional tiene mayor probabilidad de clivaje que el uso de semen sexado ($p<0.05$); así como la motilidad seminal influye en el clivaje. Por otra parte, el embrión en etapa de blastocisto no se vio influenciado por alguna de las variables analizadas del toro o semen.

Cuadro 2. Efecto toro (características seminales) sobre el clivaje y producción embrionaria.

Factor	Categoría	N= 205	Clivaje	valor-p	Embrión	valor-p
Semen	Sexado	69	0.56 ± 0.02[a]	0.021	0.35 ± 0.04	0.342
	convencional	136	0.66 ± 0.02[b]		0.38 ± 0.02	
Concentración (millones/mL)	<18.25	60	0.59 ± 0.03	0.421	0.39 ± 0.04	0.172
	18.26 - 23.87	46	0.68 ± 0.03		0.39 ± 0.04	
	23.88 - 30.01	47	0.62 ± 0.04		0.44 ± 0.04	
	> 30.02	52	0.63 ± 0.04		0.30 ± 0.04	
Motilidad (%)	< 32.00	52	0.66 ± 0.03[c]	0.030	0.31 ± 0.04	0.381
	32.01 – 47.00	56	0.59 ± 0.03[b]		0.39 ± 0.04	
	47.10 - 69.00	46	0.55 ± 0.04[a]		0.38 ± 0.05	
	> 69.01	51	0.70 ± 0.03[d]		0.42 ± 0.04	
Espermatozoides utilizados	358,650 - 842,100	52	0.62 ± 0.03	0.441	0.33 ± 0.04	0.501
	842,100 -1,260,000	52	0.66 ± 0.04		0.42 ± 0.04	
	1,260,000 -1,920,000	52	0.65 ± 0.03		0.39 ± 0.03	
	> 1,920,000	49	0.58 ± 0.04		0.35 ± 0.04	

[a,b,] literales diferentes entre filas de la misma columna, son significativos ($p < 0.05$).

Diversos estudios han demostrado que existen variaciones individuales entre toros que afectan significativamente la tasa de fertilización, el desarrollo embrionario temprano y la calidad final del embrión. Esta variabilidad se atribuye en gran parte, a diferencias genéticas que influyen en la integridad del ADN espermático, la expresión génica durante la embriogénesis temprana y la competencia del espermatozoide para fecundar (Koppensteiner y Ropstad, 2023; Gebreyesus *et al*., 2024). Toros con mejores índices de producción de embriones *in vitro* muestran no solo mejores características seminales (motilidad, morfología, viabilidad), sino también, una superior calidad genómica y epigenética del espermatozoide. Sin embargo, no siempre la calidad espermática convencional predice el rendimiento *in vitro*, lo que sugiere que la genética del toro tiene un peso que va más allá de las características físicas del semen (Koppensteiner y Ropstad, 2023).

Conclusiones

El efecto del toro mostró influencia sobre la división celular inicial (clivaje) pero no encontró influencia al final del proceso, probabilidad de embrión.

Referencias bibliográficas

Ávila-Rueda, S., C. Becerril-Pérez, A. Rosendo-Ponce, O. Zárate-Guevara, A. Ramírez-Martínez, A. Riaño-Gaya, y F. Rosales-Martínez. 2024. Viability of vitrified embryos from romosinuano and tropical milking cattle over two seasons of the year in Veracruz, Mexico. Agrociencia. https://doi.org/10.47163/agrociencia.v58i8.3153

Gebreyesus, G., J. B. Secher, M. S. Lund, K. Kupisiewicz, M. Ivask, T. Hallap, P. Pärn and G. Su. 2024. Genetic parameters for bull effects on in vitro embryo production (IVP) and relationship between semen quality traits and IVP performance. Anim. Reprod. Sci. Apr;263:107436. http://doi:10.1016/j.anireprosci.2024.107436.

Gebreyesus, G., J. B. Secher, M. S. Lund, K. Kupisiewicz, M. Ivask, G. Su *et al*. 2022. Bull effects on in vitro embryo production quality traits are repeatable and heritable. p. 2024-2027. *In*: Proceedings of the 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Wageningen Academic Publishers. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-940-4_487

Koppensteiner, K. and E. Ropstad. 2023. Review: Evaluation of bull fertility-functional and molecular approaches. Animal 17(Suppl. 1): 100795. https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100795

Ruiz, A. and M. Valderrama. 2020. Variabilidad epigenética en la producción de embriones in vitro de dos bovinos clonados por bipartición embrionaria. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería 3(1):36-41.

Agradecimientos

A los laboratorios de producción de embriones *in vitro* participantes del proyecto de Tesis Doctoral AZM y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

DETECCIÓN MOLECULAR DE *Chlamydia* sp. EN PEQUEÑOS RUMIANTES DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Guillermo Edrey Francisco-Trinidad[1], Daniel Sokani Sánchez-Montes[1], Javier Cruz Huerta-Peña[1], Miguel Ángel Lammoglia-Villagómez[1], Jorge Luis Chagoya-Fuentes[1], Alfredo González-Castro[1] y Gabriela Romina Hernández-Carbajal[1*]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Tuxpan-Tampico km 7.5 Universitaria 92870 Túxpam de Rodríguez Cano, Ver. México
*Autor de correspondencia: gabrielahernandez02@uv.mx

Palabras clave: *Clamidiosis*, *Caprino, Rumiantes, PCR, Especie*.

Introducción

Los abortos inducidos por enfermedades bacterianas ostentan una relevancia en el ámbito de la producción y reproducción caprina. El aborto no solo impacta de manera significativa en el desempeño reproductivo de los caprinos, sino que también conlleva consecuencias económicas de magnitud considerable si no se llega a tratar a tiempo. Además, la mayoría de las investigaciones relacionadas con las infecciones por clamidiosis se centran en ovinos; no obstante, es imperativo destacar que la clamidiosis ejerce un considerable impacto económico y de salud pública en numerosas explotaciones caprinas a nivel mundial. Por lo que es significativo instaurar medidas de vigilancia y prevención específicas dirigidas a las explotaciones caprinas. La clamidiosis en caprinos es una patología originada por la bacteria *Chlamydia*, en especial de la especie *Chlamydia abortus*, exhibiendo una distribución global, predominantemente en naciones con sistemas de producción intensiva de pequeños rumiantes. La clasificación de la familia *Chlamydiaceae* ha experimentado cambios basados en estudios genéticos de estos microorganismos. Originalmente la familia consistía en un único género, *Chlamydia*, con cuatro especies. Actualmente la familia se ha dividido en dos géneros: *Chlamydia* y *Chlamydophila*. Dentro del grupo *Chlamydia*, se mantuvo a *Chlamydia trachomatis*, mientras que, *Chlamydia psittaci* y *Chlamydia pneumoniae* se reubicaron en un nuevo género llamado *Chlamydophila*. Aunque la transmisión sexual de *C. abortus* no ha sido ampliamente investigada, la presencia de la bacteria en hembras durante la ovulación y después del apareamiento sugiere la posibilidad de transmisión venérea. En México, desde 2016 se incluyó a la clamidiosis dentro del grupo tres de las enfermedades endémicas y plagas exóticas de reporte obligatorio mensual ante las autoridades zoosanitarias (Flores, 2020).

La trascendencia de abordar la clamidiosis en la región central de Veracruz adquiere relevancia significativa, considerando que este sector constituye un núcleo central para la producción caprina. En virtud de ello, resulta imperativo instaurar un monitoreo constante de dicha patología como medida preventiva ante posibles brotes. Por tal motivo el objetivo de la presente investigación fue determinar la presencia y diversidad de *Chlamydia* en el municipio de Coatepec, Veracruz, por medio del empleo de técnicas moleculares.

Materiales y métodos

Trabajo de campo. La investigación se llevó a cabo en el municipio de Coatepec, Veracruz, en colaboración con el Sistema Producto Especie Caprino de Veracruz A.C. (SIPECAV), quienes facilitaron la identificación y acceso a los ranchos seleccionados para el muestreo. Se eligieron cinco ranchos especializados en la producción de leche y queso de ganado caprino. La recolección de muestras se realizó en el periodo de abril de 2023. Este trabajo conjunto con SIPECAV garantizó un enfoque integral y colaborativo en la ejecución del estudio. Se obtuvieron muestras de un conjunto de 60 animales, conformado por 57 hembras y tres machos cabríos, con diversidad en sus rangos de edad. Este enfoque diversificado permitió obtener una muestra representativa de la población caprina en estudio.

Toma de muestra. La recolección de muestras comenzó con una evaluación del entorno que albergaba a los especímenes, lo que permitió la valoración de las condiciones sanitarias de las instalaciones, de manera consistente; tanto antes, como durante la estancia en cada uno de los ranchos, se implementó la profilaxis necesaria, haciendo uso de medidas de protección como guantes, cubre bocas, botas sanitarias y overoles. Todas estas precauciones se tomaron con el objetivo de asegurar la bioseguridad y la protección, tanto de los especímenes, como del personal involucrado en la investigación. Luego se realizó un examen clínico general y físico de cada cabra y macho cabrío, incluyendo una evaluación de aptitud reproductiva en ambos sexos. Se

llevaron a cabo hisopado vaginal y prepuciales, los cuales se transfirieron a tubos cónicos tipo Eppendorf con tapón de 1.5 mL y almacenados a -20°C para garantizar su conservación y posterior procesamiento.

Trabajo de laboratorio. Se realizó el análisis de los hisopados por medio de PCR convencional para la identificación del patógeno, los cuales se realizaron en el Centro de Medicina Tropical de la Universidad Nacional Autónoma de México (CMT-UNAM). El protocolo de extracción de ADN se realizó con Chelex® 100 con solución de sodio al 10%, además se finalizó con el protocolo de Chahota *et al.* (2006), utilizando la región del gen *ompA* VD2 con los siguientes primers: CMGP-1F: 5′-CCTTGTGATCCTTGCGCTACTTG-3′/CMGP-1R: 5′-GTGAGCAGCTCTTCGTTGAT-3′ y CMGP-2F: 5′-GCCTTAAACATCTGGGATCG-3′/CMGP-2R: 5′-GCACAACCACATTCCCATAAAG-3′. La reacción se realizó en 50 µl de mezcla de reacción que contiene 0.15 µM de cada cebador directo e inverso, 250 µM de cada dATP, dTTP, dGTP, dCTP, 100 µM de Mg2 en buffer y 2.5 unidades de TaKaRa Ex-Taq (TaKaRa Bio, Inc., Shiga, Japón) y de 2.0 a 5.0 µg de ADN molde de cada muestra. Las condiciones utilizadas fueron: desnaturalización inicial a 94°C durante 3 min, 35 ciclos de desnaturalización a 94°C durante 30 s, 55°C durante 30 s y extensión a 72°C durante 60 s, luego extensión final durante 5 min a 72°C y finaliza a 4°C.

Análisis estadístico. Se analizó la prevalencia por medio de Xi^2 con el programa en línea Vassasrstats® en la modalidad de estimar proporciones y en el análisis de factores de riesgo con el programa en línea Win Episcope® con un cuadro de contingencia 2 x 2. En caso de existir más de dos variables asociadas, se realizó una regresión lineal con el programa Minitab Ver. 14®.

Resultados y discusión

Se demostró la prevalencia general de 5.0% ($IC_{95\%}$: 1.7-17.7; 3/60) de las muestras obtenidas para la detección de *Chlamydia* (Figura 1). De un total de 57 hembras, tres resultaron positivas (5.26%; $IC_{95\%}$: 1.8-14.37), resultando dos positivos en edad de 48 meses (6.1%; IC95%: 1.6-19.61) y una de 36 meses (12.5%; 2.2-47.1). El 6.8% ($IC_{95\%}$: 2.3-18.2) de los infectados pertenecían a cruzas de razas sannen y alpina; sin embargo, no se identificó ninguna hembra gestante o lactante. Tampoco se identificó ningún factor de riesgo dentro de las variables analizadas ($p < 0.05$).

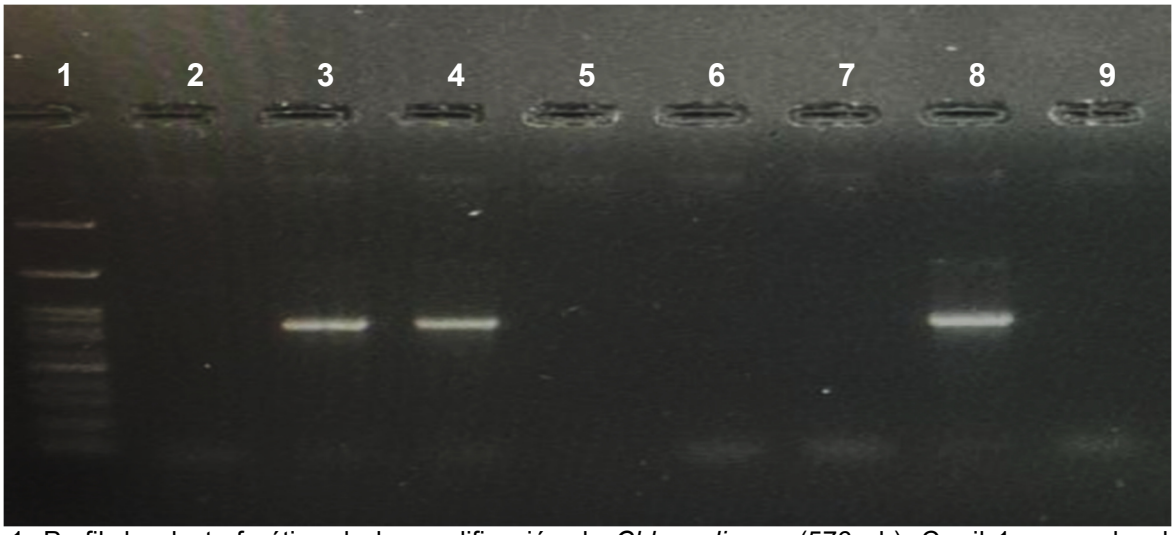


Figura 1. Perfil de electroforético de la amplificación de *Chlamydia* sp. (576 pb). Carril 1: marcador de peso molecular (100 pb); Carril 2: Muestra Negativa; Carril 3: Muestra positiva; Carril 4: Muestra positiva; Carril 5: Muestra negativa; Carril 6: Muestra negativa; Carril 7: Control negativo H_2O libre de nucleasas; Carril 8: Control positivo *Chlamydia* sp.; Carril 9: Carril vacío.

En la presente investigación se reportó una prevalencia general de 5.0%. En estudios realizados en el estado de Veracruz se han reportado prevalencias de 2.9 a 21.5%, por lo cual esta investigación se encuentra dentro del promedio; cabe resaltar que el 90% del inventario caprino se encuentras localizado en la zona centro del estado de Veracruz, lo cual puede considerarse con un clima idóneo para la supervivencia del agente, ya que sus temperaturas varían de 12 a 25°C, esto derivado que la *Chlamydia* sp. se elimina al ambiente mediante fluidos o excreciones, por lo que el microorganismo es capaz de sobrevivir varias semanas en condiciones de frío y que

sea húmedo, aunado a esto, la falta de estrategias para separar a las hembras que están próximas al parto y las recién paridas, promueven a que se infecten con mayor facilidad, pues como se ha mencionado, durante el parto y los abortos se eliminan al medio ambiente los patógenos (Talafha *et al.,* 2012).

Así mismo, los animales que resultaron positivos fueron hembras en edades de 36 a 48 meses; sin embargo, los productores mencionaron que los abortos presentados eran poco recurrentes; a referencia de esto Romero (2020) menciona que las infecciones por *Chlamydia* sp. ocurren con baja frecuencia de tasa de aborto, además de que existen otros agentes patógenos que pueden provocar que aparezca el evento, y si bien, los casos de abortos no fueron considerados por la baja recurrencia de los mismos, es necesario realizar una evaluación de los animales enfermos, con la finalidad de observar si existe una resistencia adquirida por parte del sistema inmune, o que en dosis alta estimulará la respuesta de protección.

Las técnicas moleculares son consideradas como las pruebas idóneas para la confirmación del agente en los casos clínicos con sospecha de clamidiosis, así como para el seguimiento en la vigilancia epidemiológica (Castro *et al.,* 2021); sin embargo, aún son consideradas como pruebas complementarias para el diagnóstico, mismas que debería ser corroborado por medio del análisis patológico para confirmar el diagnóstico; no obstante, hacen énfasis en el uso de técnicas complementarias para la confirmación de la enfermedad.

Es necesario comprender, que en México la clamidiosis en caprinos, aun es considerada como exótica, por lo que, esta investigación se suma a los casos ya existentes a nivel nacional, además de los métodos de diagnóstico que pueden utilizarse para poder tener un control y prevención de enfermedades en el territorio mexicano.

Conclusiones

Se identificó la presencia de *Chlamydia* sp. por medio de PCR, una prevalencia general de 5.0%, con presencia en hembras de 36 - 48 meses de cruzas de alpina y sannen. No se identificaron las especies de *Chlamydi*a sp., debido a que no se logró la secuenciación. No se determinaron factores de riesgo en esta investigación; sin embargo, los positivos fueron hembras en edad productiva sin gestación.

Referencias bibliográficas

Flores, D. C. A. 2020. Prevalencia global, regional y nacional de Clamidiosis en pequeños rumiantes: revisión sistemática y meta-análisis. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Chahota, R., H. Ogawa, Y. Mitsuhashi, K. Ohya, T. Yamaguchi and H. Fukushi. 2006. Genetic diversity and epizootiology of *Chlamydophila psittaci* prevalent among the captive and feral avian species based on VD2 region of ompA gene. Microbiol. Immunol. 50(9):663-78.

Talafha A., M. Mohammed, M. Mustafa and M. Ahmad. 2012. Prevalence and risk factor associated with *Chlamydophila abortus* infection in dairy herds in Jordan. Tropical Animal Health and Production 44:1841-1846.

Romero, J. A. 2020. Diagnóstico de *Chlamydia abortus*, mediante cultivo celular y PCR de un rebaño caprino con problemas de abortos en Culiacán, Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Castro, F. R., M. Gaxiola S., E. Díaz A., M. M. Limón G., A. Romero J., I. Enríquez V. *et al*. 2021. Prevalencia de *Chlamydia abortus* en cabras con problemas de aborto en la zona centro de Sinaloa, México. Biotecnia 23(3): 142-150.

TOLERANCIA AL ESTRÉS CALÓRICO EN GENOTIPOS DE GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO

Fernando Monjaras-Hernandez[1], Juan Prisciliano Zárate-Martínez[2*], Arturo Ángel-Hernández[2], Jaime Rangel-Quintos[2], Javier Francisco Enriquez-Quiroz[2] y Vicente Eliezer Vega-Murillo[3]

[1]Tecnológico Superior de Jesús Carranza, Km 127+656.36 Carr. Transistmica, J. Carranza, Ver., C.P. 96950.
[2]C. E. La Posta, CIR Golfo Centro INIFAP, Km 22.5 Carr. Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Ver., C.P. 94277.
[3]FMVZ, Universidad Veracruzana, Miguel Ángel de Quevedo S/N, Esq. Yáñez, Veracruz, Ver, C.P. 91710.
*Autor para correspondencia: zarate.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Índice, Temperatura, Humedad, Desempeño productivo.*

Introducción

El Estrés calórico (EC) es una respuesta biológica que se presenta cuando un individuo percibe alguna amenaza a su homeostasis y se ve reflejado en la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas. En los rumiantes, una respuesta inmediata al cambio climático es la presencia de la condición de estrés térmico, que reduce el consumo de alimento y aumenta el consumo del agua (hasta en un 40%), ocasiona una elevación de la temperatura corporal y ruminal del ritmo respiratorio y cardíaco. Los efectos productivos varían según el estado de lactación (mayor efecto al inicio de lactación). La composición láctea (lactosa, grasa y proteína) se ve más perjudicada que la cantidad de leche, lo que tiene importantes repercusiones en su rendimiento para subproductos como el queso (Castro-Costa *et al.*, 2015). En bovinos lecheros, el rango de temperatura corporal considerado normal es de 37.5 a 38. 5°C. Cuando la temperatura corporal es mayor el animal está en hipertermia, lo cual afecta el sistema nervioso central e incluso lo puede llevar a la muerte con aumentos entre 3 a 6°C por arriba del rango de lo normal. El incremento de la actividad respiratoria suele ser el primer síntoma de la respuesta al EC ya que los bovinos incrementan la frecuencia y disminuyen la profundidad respiratoria (polipnea térmica) para aumentar la pérdida de calor por las vías altas del tracto respiratorio. Si el mecanismo no es suficiente se producirá un incremento de su temperatura. Esto podría causar efectos negativos sobre las variables productivas (ganancia de peso, condición corporal, producción de leche) y parámetros reproductivos. La frecuencia respiratoria basal para bovinos es de 20 a 40 respiraciones por minuto (r.p.m.). Hasta una temperatura ambiente de 16°C la frecuencia respiratoria de los bovinos permanece estable (20 r.p.m.), a mayores temperaturas la frecuencia aumenta progresivamente, e incrementos por encima de 40 r.p.m. son considerados como polipnea térmica para realizar el enfriamiento del cuerpo a través de pérdidas evaporativas por el tracto respiratorio. Se considera que para vacas lecheras con una frecuencia respiratoria de 70 a 80 r.p.m. ya es necesario tomar alguna medida de mitigación del EC para evitar un incremento de la temperatura rectal. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el EC en genotipos de vacas doble propósito y efecto sobre su desempeño productivo.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en el módulo bovino de doble propósito del Campo Experimental La Posta, en Paso del Toro, Municipio de Medellín de Bravo, en la región Centro costa de Veracruz, ubicado a 15° 18' N y 96° 10' O, a 12 m sobre el nivel del mar. La región tiene clima tropical subhúmedo (Aw1). El estudio incluyó a 67 animales 3/4 y 5/8 Holstein x Cebú (n= 46) y Suizo Pardo americano x Cebú (n= 21) que entraron periódicamente a ordeño bajo un sistema de doble propósito para medir lo siguiente:

Se calculó el valor del Índice de Temperatura Humedad (ITH) por día de registros fisiológicos obtenido con una fórmula que se considera como la intensidad de las condiciones de estrés calórico a la que se encuentra expuesto el animal. Esta intensidad se categoriza como alerta (leve) para valores de ITH en un rango de 72 a 74, peligro (moderado) para valores de ITH entre 74 y 78 o emergencia (severo) cuando se alcanzan valores de ITH ≥78 (Fidler, 2009, Núñez Soto *et al.*, 2023). Adicionalmente se estimó el ITH por día de registros fisiológicos considerando la temperatura (T) del aire expresada en °C y la humedad relativa (HR) expresada en % de la siguiente manera (Fidler, 2009, Nuñez Soto *et al.*, 2023):

ITH = (1.8 × T + 32) - (0.55 - 0.0055 × HR) × (1.8 × T - 26). Las variables climáticas temperatura máxima, mínima, humedad relativa, velocidad del viento, precipitación pluvial e índice UV, se tomaron de la base de datos

climatológica de la Comisión Nacional del Agua, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, enero a mayo de 2025, estación 30056. El Tejar, Medellín, Ver.
La temperatura corporal (TC) se midió con un termómetro infrarrojo modelo No. AET.R1D1 power supplay 2° AAA (DC 3V), ALICN Medical (SHENZHEN), INC., apuntando a la zona torácica; se consideró como temperatura normal de 37.5 a 38.5 °C. La temperatura por encima de este rango fue considerada como hipertermia.
La frecuencia respiratoria (FR) se midió por medio de la observación directa en la región anatómica toracoabdominal del animal, se registró respiraciones por minuto (r.p.m.), y se clasificó cómo: normal (20 a 30 r.p.m.), alta (30 a 40 r.p.m.); moderada alta (40 a 80 r.p.m.) y severa ≥ 80 r.p.m.
Durante la rutina de ordeño, se midió la cantidad de leche diaria producida por vaca y la calificación de la condición corporal (escala del 1-5) y peso vivo (con báscula electrónica TRUTES) cada 28 días y se recabó la información de grupo genético (G) por pedigrí.
Análisis estadístico: para el analisis de FR, TC, tasa de gestación y producción de leche, los modelos incluyeron los efectos fijos de G, condición corporal y mes de medición. La FR, TC y leche fueron analizadas con un modelo lineal general con el procedimiento GLM de SAS, la tasa de gestación fue analizada con un modelo lineal generalizado. con el procedimiento GLIMMIX de SAS. Para cada variable se realizaron regresiones lineales con el mes de medición y el ITH con el procedimiento REG de SAS. Las diferencias entre medias se realizaron con la prueba t protegida de Fisher SAS (Statistical Analysis System. Versión 9.3, 2011).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observan las diferencias en las constantes fisiológicas conforme pasan los meses de enero a mayo 2025, siendo los meses de abril y mayo donde se registraron las frecuencias respiratorias más altas ($p<0.05$) y las temperaturas corporales más elevadas ($p<0.05$) en enero y marzo. Estas constantes fisiológicas se encuentran dentro de los rangos normales a pesar de que los valores del ITH para estos meses fueron de peligro (77) en los meses de enero a febrero y de emergencia (82) de marzo a mayo. A pesar de esto, el desempeño productivo de estos genotipos es de bajas tasas de gestación (36% al mes de abril) y producción láctea de 6.51L/vaca/día, con un promedio de 30 vacas en ordeño al mes. Se puede observar una tendencia de disminución en la producción láctea al llegar a los meses con más elevada temperatura ambiental.

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar de las variables en estudio por mes.

Mes	Frecuencia respiratoria (r.p.m.)	Temperatura Corporal (°C)	Tasa de gestación (%)	Producción láctea (L)
Enero	22.38 ± 0.71^{a}	37.98 ± 0.16^{b}	0.27 ± 0.10^{a}	232.44 ± 19.49^{a}
Febrero	20.21 ± 0.80^{b}	37.07 ± 0.18^{c}	0.29 ± 0.11^{a}	193.11 ± 17.92^{a}
Marzo	27.42 ± 0.85^{c}	37.96 ± 0.19^{b}	0.19 ± 0.10^{a}	202.31 ± 16.23^{a}
Abril	28.45 ± 0.78^{cd}	37.10 ± 0.18^{a}	0.36 ± 0.12^{a}	187.34 ± 18.48^{a}
Mayo	29.79 ± 0.80^{d}	37.43 ± 0.18^{c}	0.34 ± 0.12^{a}	174.58 ± 18.32^{a}

^{abcd} Literales diferentes por columna ($p<0.05$).

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Habeeb (2020), quien afirma que la producción y la reproducción se reducen como resultado de los cambios en las funciones biológicas afectadas por el EC y que se debe intentar reducir los efectos negativos de este, para mejorar la productividad mediante diversas técnicas, incluyendo medidas físicas, nutricionales y fisiológicas.
En el Cuadro 2 se muestran las correlaciones fenotípicas entre las variables en estudio, donde se puede asociar que, con una mayor FR, las vacas pueden regular su TC, pero con un costo en la disminución de la producción de leche y bajo a un mayor ITH, así como al tener un menor ITH la condición corporal de los animales tiende a ser mayor.

Cuadro 2. Correlaciones fenotípicas de las variables en estudio.

Variables	Temperatura corporal	Condición corporal	Índice de temperatura humedad	Producción de leche
Frecuencia Respiratoria	-0.08	-0.15	0.55**	-0.19*
Temperatura		0.02	-0.34**	0.00
Condicion corporal			-0.22**	0.14
ITH				0.07

* ($p < 0.05$)
** ($p < 0.012$)

Conclusiones

Los grupos genéticos 3/4 y 5/8 Holstein x Cebú y Suizo Pardo Americano x Cebú, manifiestan tolerancia a altas temperaturas consideradas de peligro-emergencia de acurdo a los valores del ITH. Sin embargo, deben someterse a un manejo que asegure medidas de mitigación al estrés calórico, con la finalidad de mejorar su desempeño productivo por lo que es necesario desarrollar nuevas estrategias físicas, nutricionales y fisiológicas para los sistemas de producción de doble propósito.

Referencias bibliográficas

Castro-Costa, A., Salama, A. A. K., Moll, X., Aguiló, J., y G. Caja. 2015. Using wireless rumen sensors for evaluating the effects of diet and ambient temperature in nonlactating dairy goats. Journal of Dairy Science, 98(7), 4646-4658.

A.P. Fidler y VanDevender K. 2009. Heat stress in Dairy cattle. Agriculture and Natural Resources. Univ. Arkansas. pp 1-6.

Habeeb, A.A.M., S.F. Osman y Gad A.E. 2020. Signos de estrés térmico y medidas para reducir sus efectos negativos en los animales. *SC Adv. Res. Rev*,*4*(1), 46-58.

Núñez Soto S.G., J.M Berruecos Villalobos, N.C. Moreno, J.G Magaña-Monforte, P. Ochoa-Galván, R. Ulloa-Arvizu Y Toledo-Alvarado H.O. 2023. Genome-wide association study for heat stress resistance in Brown Swiss cattle in Yucatan, Mexico. Veterinaria México, 10, 1137.

SAS. SAS/STAT. Version 9.3. 4th ed. SAS Institute: Cary, USA; 2011.

Agradecimientos

Se agradece a todo el personal y a estudiantes residentes del Módulo de Doble Propósito del Campo Experimental La Posta, CIR Golfo INIFAP.

FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) PELETIZADA MANTIENE EL pH Y PROTOZOARIOS RUMINALES EN BORREGAS BLACK BELLY

Tony Platas-Ramírez[1], José Manuel Martínez-Hernández[2], Francisco Indalecio Juárez-Lagunes[2], Manlio Alpírez-Mendoza[1], María Fernanda De la Torre-González[1], Patricia Cervantes-Acosta[1], Manuel Barrientos-Morales[1], Antonio Hernández-Beltrán[1] y Belisario Domínguez-Mancera*[1]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico Biotecnología para la Producción y la Salud Animal, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico Nutrición y Alimentación Animal, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
Autor de correspondencia: beldominguez@uv.mx

Palabras clave: *Rumen, Carbohidratos estructurales, Micro-bioma, Razas locales, Sustentabilidad*.

Introducción

La fibra es el componente más abundante en los forrajes para la alimentación de rumiantes. Su estructura es compleja. Esta consta en su mayoría de carbohidratos estructurales, principalmente celulosa y hemicelulosa; también contiene estructuras fenólicas, mayormente lignina; así como, componentes nitrogenados representados por proteínas del tipo de las extensinas y nitrógeno no proteico; además, dentro de sus componentes minerales domina la sílice. Para el rumiante, su valor nutricional se desagrega en dos dimensiones, por un lado lo atribuible a sus características químicas y por el otro a sus características físicas (Lagos-Burbano y Castro-Rincón, 2019). Dentro de lo que corresponde a las características químicas, la fibra es fuente de carbohidratos y nitrógeno que nutren al microbioma del rumen y que al fermentarlos liberan sustratos energéticos y proteína microbiana para el rumiante. Los productores pecuarios para alimentar su ganado adquieren heno, ensilados o esquilmos agrícolas con características de fibra muy variables por su volumen, contenido de humedad, tamaño de partícula y calidad; causantes de mucho rechazo y desperdicio. Además, tienen que picarlo o molerlo implicando gastos que afectan la productividad y rentabilidad del sistema de producción ya sea carne y/o leche (Chizzotti *et al*., 2015). Novafibra® es un producto comercial elaborado a base de fibra de caña de azúcar en presentación peletizada; es decir, ya viene con características químicas y físicas de fibra uniformes, lo que facilita su integración en dietas o suplementos alimenticios, disminuyendo el rechazo y desperdicio; asegura un consumo uniforme y balanceado. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar los cambios en el pH y poblaciones de protozoarios del rumen con la inclusión de Novafibra® en la dieta de borregas Black Belly.

Materiales y métodos

Zona de estudio: la investigación se realizó en las instalaciones del Módulo de Ovinos y Caprinos (MOC) (19.16998, -96.212348, Google Maps, 2024) del Rancho Torreón del Molino (RTM), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Veracruzana (UV), en el km 14.5 de la carretera 140 Veracruz–Xalapa, Tejería, Veracruz. El clima de la región es cálido subhúmedo de acuerdo con la clasificación de Koppen (1981) y la altitud corresponde a 15 m. El proyecto fue aprobado por el comité de bioética de la FMVZ-UV.

Unidades Experimentales (UE): ocho borregas adultas de la raza Black Belly en la etapa de mantenimiento.

Manejo preventivo: durante el periodo de inicio (siete días antes de iniciar el experimento) se aplicaron vitaminas ADE 3 mL (laboratorio, Microsules), selenito de sodio 11 mg/kg/PV (laboratorio, Aranda) y fósforo inorgánico 450 mg (glicerofosfato de magnesio) (laboratorio, Microsules) por borrega.

Diseño experimental: cuadrado latino doble balanceado 4 x 4. B1 a B8 son las UE, las cuales se sortearon en los tratamientos. PA a PE son los períodos experimentales. Cada período consistió en 14 días de adaptación a la dieta y siete días de medición de variables experimentales. 1, 2, 3, y 4 son los tratamientos:

- Número 1 = T1 = 300 g de concentrado (maíz-pasta de soya) + 1200 g de Novafibra® y 0 g de pangola (*Digitaria decumbens*) picada,
- Número 2 = T2 = 300 g de concentrado (maíz-pasta de soya), 900 g de Novafibra® y 300 g de pangola picada

- Número 3 = T3 = 300 g de concentrado (maíz-pasta de soya), 600 g de Novafibra® y 600 g de pangola picada
- Número 4 = T4 = 300 g de concentrado (maíz-pasta de soya), 300 g de Novafibra® y 900 g de pangola picada.

El experimento comprendió del 05 de marzo del 2025 hasta el 27 de mayo del 2025, donde se alojaron las ocho UE (borregas). Su alimentación comenzó a las 8 h consumiendo el concentrado, posterior a ello se ofreció las cantidades de pélet correspondiente y por último la cantidad de pangola picada. Para obtener el líquido ruminal (LR) se realizó sondeo oro-ruminal con sonda tipo Levin® para alimentación nasogástrica en humanos; se colectaron de 5 a 20 mL de LR en tubos limpios cónicos de 50 mL, los cuales se mantuvieron a una temperatura constante de 38°C sin exposición al sol. Con la ayuda de un potenciómetro (Conductronic, pH 120) calibrado con las soluciones buffer 4 y 7 (J.T. Baker) se medió el pH. Para el conteo de los protozoarios, se elaboró una solución con 1 mL de LR + 1 mL de tinción Diff-Quick (DQ), previamente preparada con fijador (Metanol 90%). Se añadieron 5µL de la solución teñida en una cámara de Neubauer (Bright-Line) y esta se colocó al microscopio (Olympus CX41), utilizando los objetivos de 10X y 40X para realizar el conteo. Esta actividad se realizó con el apoyo de la cámara digital (CDR 80-70052X UV VETM SLIME CASE), con resolución de 80x700 pixeles, Software ViewPlayCap v1.0. Para el conteo de los protozoarios se utilizaron los compartimentos de ambas cámaras; el cuadrante superior izquierdo, superior derecho, inferior izquierdo e inferior derecho. Con la suma de los 8 cuadrantes se obtuvo la cantidad de protozoarios por ml de muestra; todo ello con la aplicación CellCalculator v2.3 y la aplicación Hemocytometer Sideckic v5.0 (2025).

Los análisis estadísticos contemplaron una ANDEVA de efectos principales (Cuadrado latino) donde el factor principal corresponde al porcentaje de inclusión de pélet de caña de azúcar (tratamiento) y los factores secundarios a la borrega y al periodo de experimentación (21 días). Las comparaciones múltiples se realizaron por el método de Tukey ($p< 0.05$). El doble bloqueo se realizó considerando el animal y el periodo. El análisis se realizó con el software STATISTICA v10 (2011).

Resultados y discusión

Después de haber realizado mediciones del pH en el LR y el conteo de protozoarios durante todo el tiempo que se llevó a cabo proyecto de investigación se obtienen diversos valores los cuales se promediaron como se muestra en el Cuadro 1. Los resultados muestran que no se obtienen cambios significativos, de acuerdo al rango de los valores normales de pH que van de 6.2 a 6.8 (Niño-Ramos, 2009); así como en el conteo de protozoarios teniendo rangos de 10,000 – 1,000,000 equivalente a $\times 10^4$ – $\times 10^5$ (Gruninger *et al*., 2019).

Cuadro 1. Valores promedio por la cantidad de pélet incluido en la dieta.

Tratamiento (g de pélet)	pH	Protozoarios ($\times 10^5$)
1200 g	6.80 ± 0.04	2.64 ± 0.62
900 g	6.77 ± 0.11	1.90 ± 0.28
600 g	6.97 ± 0.25	1.84 ± 0.50
300 g	6.64 ± 0.11	2.30 ± 0.61

En el Cuadro 2, se analiza el consumo de alimento (fibra de caña de azúcar y fibra de heno de pangola), donde puede apreciarse que el consumo se ve a afectado por la cantidad de inclusión de fibra de caña de azúcar o de fibra de heno de pangola.

Cuadro 2. Consumo de heno de pangola y fibra total por borregas Black Belly adultas ofreciendo cuatro niveles de pélet de caña de azúcar en dietas de mantenimiento.

Pélet ofrecido (g/d)	Pélet consumido (g/d)	Heno consumido (g/d)	Pélet + heno consumido
1,200	763^{a}	0^{d}	763^{c}
900	758^{a}	124^{c}	882^{b}
600	578^{b}	415^{b}	993^{a}
300	298^{c}	633^{a}	931^{ab}
EEM	15.5	10.3	17.6

Medias mínimo cuadráticas de los tratamientos.
EEM= error estándar de la media.

Diversos estudios han demostrado que, aunque la caña es una fuente de energía barata, su problema es que no se digiere tan fácilmente. Por eso, se han buscado formas de mejorar su uso, ya sea mezclándola con concentrados o procesándola, como en el ensilado (Lagos-Burbano y Castro-Rincón, 2019). Incluso, cuando se incluyen grandes cantidades en la dieta, los animales pueden tener buenas ganancias de peso, como lo demostraron De Paula Freitas y Frías (2008) con sus trabajos en corderos. También es importante cuidar el ambiente del rumen, si el pH baja se compromete el bienestar del microbioma necesario para digerir el forraje, lo que reduce el aprovechamiento.

Conclusiones

La inclusión de fibra de caña de azúcar en presentación peletizada en distintas proporciones no modifica el pH del líquido ruminal ni la cantidad de protozoarios en él, pudiendo utilizarse en dietas de mantenimiento complementadas con otras fuentes energéticas y proteicas como maíz y pasta de soya.

Referencias bibliográficas

Chizzotti, F. H. M., O. G. Pereira, S. C. Valadares F., M. L. Chizzotti, R. T. S. Rodrigues, L. O. Tedeschi y T. C. Silva. 2015. Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle? Animal Feed Science and Technology 203:23–32. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.12.014

De Paula Freitas, A. W., F. C. Rocha, A. Zonta, J. L. Fagundes, R. Da Fonseca, M. C. De Mello Zonta y F. L. Macedo. 2008. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43(11):1569-1574. https://doi.org/10.1590/s0100-204x2008001100016

Lagos-Burbano, E. y E. Castro-Rincón. 2019. Sugar cane and by-products of the sugar agro-industry in ruminant feeding: A review. Agronomía Mesoamericana 30(3):917–934. https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668

Niño-Ramos, J. A. 2009. Acidosis ruminal y su relación con la fibra de la dieta y la composición de leche en vacas lecheras. SIRIVS. https://www.uv.mx/personal/rloeza/files/2013/12/acidosis_nino.pdf

Agradecimientos

Al grupo Pantaleon® por su colaboración con los productos de Novapellet® como Novafibra® y Novaproteica®.

COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINO, SU EFECTO EN LOS INDICADORES PRODUCTIVOS Y RENDIMIENTO EN LA CANAL

Oscar Iván Peña[1], Manuel Barrientos-Morales[1], José Manuel Martínez-Hernández[2], Manlio Alpírez-Mendoza[1], Patricia Cervantes-Acosta[1], Angélica Olivares-Muñoz[1], Antonio Hernández-Beltrán[1] y Belisario Domínguez-Mancera[1]*

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico Biotecnología para la Producción y la Salud Animal, Universidad Veracruzana, Veracruz, México
[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Cuerpo Académico Nutrición y Alimentación Animal, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
*Autor de correspondencia: beldominguez@uv.mx

Palabras clave: *Productividad, Pulmón, Bovinos, Sistemas intensivos.*

Introducción

El complejo respiratorio bovino (CRB) es una de las principales causas de enfermedad y pérdida económica en los sistemas intensivos de crianza de bovinos para el abasto. Es una enfermedad multifactorial que resulta de la interacción entre agentes infecciosos, factores ambientales estresantes y prácticas de manejo intensivo. La combinación de estos factores aumenta la susceptibilidad y gravedad de la enfermedad en el ganado bovino (Headley *et al*., 2021). Las regiones tropicales con humedad relativa alta, temperaturas elevadas y efectos de viento norte, son propicias para la proliferación de patógenos respiratorios que debilitan el sistema inmune de los animales (Palmer *et al*., 2014).

El hacinamiento en corrales, el traslado prolongado, la modificación de la dieta y la combinación de lotes de diversas procedencias constituyen factores de riesgo que favorece la presencia del CRB en bovinos mantenidos en estos sistemas intensivos; siendo particularmente críticos en regiones donde las condiciones ambientales intensifican el estrés. Una forma de prevención es la detección precoz de indicadores clínicos y la instauración de programas de prevención holísticos, tales como la inmunización y la gestión apropiada, que son esenciales para disminuir la prevalencia de este complejo en las poblaciones susceptibles (Headley *et al*., 2021).

El CRB tiene un impacto directo en los parámetros productivos de los bovinos en engorda; en regiones del trópico húmedo, el estrés calórico y las condiciones ambientales (lluvias, nortes) agravan su incidencia y severidad. Entre los principales indicadores productivos afectados se encuentran la ganancia diaria de peso (GDP), la conversión alimenticia, el tiempo al sacrificio y el rendimiento en la canal (Ren, *et al.* 2022; Palmer *et al.* 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar en una unidad de producción pecuaria (UPP), dedicada a la engorda intensiva, los indicadores productivos que son afectados cuando el bovino presenta CRB.

Materiales y métodos

Zona de estudio: la UPP se encuentra ubicada en la zona centro del estado de Veracruz. El clima se clasifica como Aw_2 (clima semicálido húmedo). La temperatura media anual oscila entre los 18° y 22°C, Durante los meses de mayo a septiembre, se presentan lluvias intensas y tormentas tropicales. La precipitación anual alcanza hasta 1,500 mm^3, concentrándose en verano. Se presentan vientos predominantes del norte entre octubre y marzo. El periodo de muestreo comprendió de enero 2023 a junio 2024. El muestreo fue simple al azar; que comprendió ~5% de la población mensual de la UPP (n= 1380).

Las variables dependientes fueron: peso del animal vivo al arribo de la UPP (kg), periodo a la primera aplicación de tratamiento por diagnóstico clínico de CRB (días), periodo a la segunda aplicación de tratamiento por diagnóstico clínico de CRB (días), consumo de alimento promedio diario (kg), estancia en la engorda (días), peso del animal vivo al finalizar la engorda (kg), consumo total alimento durante el periodo de engorda (kg), ganancia total de peso (kg), ganancia diaria de peso (kg/día), conversión alimenticia (kg de alimento/kg de peso vivo), rendimiento de la canal caliente (kg), rendimiento de la canal caliente (%).

Las variables independientes fueron: grupo 1: animales sin signos de cuadro clínico de CRB (temperatura, tos, epifora, secreción nasal, taquipnea) durante todo el tiempo de estadía en la UPP; grupo 2: animales que mostraron signos de cuadro clínico de CRB en una sola ocasión durante su estadía en la UPP y se les aplicó tratamiento. Grupo 3: animales que mostraron signos de cuadro clínico de CRB en dos ocasiones durante su estadía en la UPP y se les aplicó tratamiento.

Los análisis contemplaron ANDEVA de efectos principales donde el factor principal el grupo, las comparaciones múltiples se realizaron por el LSD Fisher ($p< 0.05$); Los softwares utilizados para el análisis estadístico fue el STATISTICA v10 (2011). Se utilizó regresión logística con la finalidad de obtener la probabilidad de haber estado enfermo en una ocasión o en dos ocasiones y su relación con el porciento de la canal caliente.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra en análisis descriptivo e inferencial de los tres grupos de animales analizados y los indicadores productivos.

Cuadro 1. Indicadores productivos de animales sanos y animales enfermos que mostraron signos clínicos de CRB en una o dos ocasiones durante su estadía en la UPP.

Variables dependientes	Animales sanos (N= 1062)	Animales enfermos 1 ocasión (N= 204)	Animales enfermos 2 ocasiones (N= 114)	Nivel de p
Peso vivo al arribo de la UPP (kg)	288.69 ± 1.58^{c}	273.22 ± 3.27^{b}	255.42 ± 4.04^{a}	0.001
Periodo aplicación de tratamiento (días)	***	19.50 ± 1.71	15.97 ± 2.43	0.001
Consumo alimento promedio diario (kg)	9.43 ± 0.02^{c}	9.30 ± 0.04^{b}	8.93 ± 0.05^{a}	0.001
Estadía en la engorda (días)	193.75 ± 1.14^{a}	198.44 ± 2.53^{a}	220.29 ± 3.72^{b}	0.001
Peso vivo al finalizar la engorda (kg)	520.14 ± 1.62^{c}	503.54 ± 3.82^{b}	487.89 ± 5.49^{a}	0.001
Consumo total alimento (kg)	1817.14 ± 9.69^{a}	1837.24 ± 20.97^{a}	1961.70 ± 31.81^{b}	0.001
Ganancia total de peso (Kg)	231.42 ± 1.70^{a}	230.31 ± 4.38^{a}	232.47 ± 5.70^{a}	0.945
Ganancia diaria de peso (kg/día)	1.21 ± 0.01^{c}	1.16 ± 0.01^{b}	1.06 ± 0.02^{a}	0.001
Conversión alimenticia (kg de alimento/kg de peso vivo),	8.27 ± 0.07^{a}	8.51 ± 0.17^{ab}	8.95 ± 0.25^{b}	0.013
Rendimiento de la canal caliente (kg)	311.28 ± 1.01^{c}	298.41 ± 2.39^{b}	284.15 ± 3.72^{a}	0.001
Rendimiento de la canal caliente (%)	59.88 ± 0.09^{c}	59.32 ± 0.24^{b}	58.27 ± 0.42^{a}	0.001

$^{a,b,c.}$ Literales diferentes entre columna de la misma fila son significativos (Fisher LSD, $p < 0.05$).

En el Cuadro 2, se muestran los resultados del análisis de la regresión logística, donde calculó la probabilidad de mostrar signos clínicos de CRB en una o dos ocasiones con diferentes porcientos de rendimiento en la canal caliente.

La ganancia diaria de peso suele reducirse significativamente en animales afectados por CRB, debido a la fiebre, la anorexia y el deterioro general del estado de salud, lo que disminuye el consumo voluntario y eficiencia metabólica. Estudios han reportado pérdidas de hasta 0.2 a 0.4 kg/día en animales afectados, en comparación con sus contrapartes sanos (Palmer *et al*., 2014); el presente estudio, muestra reducción de 0.1 a 0.2 kg/día (Cuadro 1). Esta reducción prolonga el período de finalización de 193 a 220 días, elevando así, los costos de alimentación y manejo por animal.

Cuadro 2. Estimadores de la regresión logística sobre la probabilidad de mostrar signos clínicos de CRB en una ocasión o dos ocasiones sobre el porciento de rendimiento en canal caliente.

N= 1378	Animales enfermos una ocasión (n = 204)		Animales enfermos dos ocasiones (n= 114)	
	Constante B0	Rendimiento B1	Constante B0	Rendimiento B1
Estimadores	3.6072	-0.0811	4.0048	-0.1084
Error estándar	1.1183	0.0188	1.4157	0.0241
t(1376)	3.2255	-4.3029	2.8289	-4.4987
Nivel de p	0.0013	0.0001	0.0047	0.0001
-95% IC	1.4133	-0.1180	1.2276	-0.1557
+95% IC	5.8010	-0.0441	6.7820	-0.0611
Odds ratio (unit ch)	36.8621	0.9221	54.8621	0.8973
-95% IC	4.1096	0.8887	3.4132	0.8559
+95% IC	330.6413	0.9569	881.8292	0.9407

Un indicador de importancia crítica es la conversión alimentaria. La inflamación pulmonar compromete la oxigenación y el metabolismo energético, lo que resulta en el uso menos eficaz del alimento ingerido. En consecuencia, los animales demandan mayor cantidad de alimento por cada kilogramo de peso ganado (8.27 a 8.95), lo que incrementa los costos de producción (Ren *et al*., 2022).
Finalmente, el periodo de sacrificio también se extiende en casos de brotes de CRB, dado que los animales no logran el peso necesario para la UPP. Adicionalmente, el CRB puede afectar la calidad de la canal, disminuyendo el nivel de muscularidad y marmoleo; además, se incrementa el decomiso de órganos como los pulmones e hígado, lo que puede impactar negativamente en el rendimiento económico por animal (Griffin, 2014).

Agradecimientos
A la UPP por dar las facilidades para realizar las mediciones clínicas en los animales *in vivo* y la base de datos para el análisis de los indicadores y la canal caliente.

Referencias bibliográficas
Griffin, D. 2014. Bovine pasteurellosis and other respiratory diseases. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 30(2): 391–411. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.04.005
Headley, S., T. Oliveira y Castro, M. (2021). Bovine respiratory disease in Brasil: a short review. Semina-ciencias Agrarias, 2081-2110. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021V42N3SUPL1P2081.
Ren, Y., Z. Zhang, S., Jiang, Y. Xiang, Y. Zhou, X. Li, C. Fan, G. Dai, Z. Zhu, Z. Shao, y G. Zhang. 2022. Pathogenic infection characteristics and risk factors for bovine respiratory disease complex based on the detection of lung pathogens in dead cattle in northeast China. Journal of dairy science. https://doi.org/10.3168/jds.2022-21929.
Palmer, M., A. Pillatzki, M. Ackermann, J. McGill y R. Sacco. 2014. Respiratory syncytial virus infection in cattle. Veterinary Pathology, 51, 427 - 436. https://doi.org/10.1177/0300985813501341.

EFECTO DE LA DENSIDAD EN EL CRECIMIENTO DE *Pangasius hypophthalmus* EN EL MUNICIPIO MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

Vanessa Guadalupe Espinosa-Gómez*[1], Patricia Devezé-Murillo[1] y Alberto Asiain-Hoyos[2]

[1]Universidad Veracruzana Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Región Veracruz, Igualdad 480, Veracruzana, 91710 Veracruz, Ver.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Carr. Xalapa Veracruz 140, 91700 Ver.
*Autor para correspondencia: gomez_assenav2002@hotmail.com

Palabras clave: *Sistemas cerrados, Cultivo experimental, Densidad de siembra, Acuacultura experimental*.

Introducción

Los sistemas de cultivo en acuicultura se clasifican principalmente en función de la densidad de organismos por unidad de superficie o volumen y medida que aumenta la densidad, se requiere un mayor control de variables como la calidad del agua, la alimentación y la tecnología utilizada para garantizar condiciones óptimas de crecimiento. Por primera vez en la historia en 2022, la producción de especies animales procedentes de la acuicultura (51%) superó la de la pesca de captura (49%). El basa (*Pangasius hypophthalmus*) es una de las principales especies piscícolas cultivadas en el sudeste asiático con alta capacidad de adaptación a diferentes sistemas de cultivo y aunque comercialmente no se cultiva en México, las importaciones de esta especie superan las 150,000 t año^{-1} (FAO, 2018; Platas-Rosado *et al*., 2017). En el presente trabajo se analizó el efecto de dos densidades de siembra en el crecimiento de *P. hypophthalmus*, se determinó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, nitrógeno amoniacal y temperatura) y se calculó el Factor de Conversión Alimenticio (FCA) y sobrevivencia en condiciones de cultivo en laboratorio en el municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, en el Laboratorio de Acuacultura. Se utilizaron cuatro estanques de geomembrana de 0.5 m^3 cada uno, con aireación constante. Se trabajó con dos tratamientos con dos réplicas cada uno: 20 peces/m^3 y 40 peces/m^3. Se utilizaron 120 juveniles de *P. hypophthalmus* con un peso inicial promedio de 4.17 g y tallas de 4, 6 y 10 cm distribuidos de manera equilibrada. El cultivo duró 164 días y se realizaron biometrías quincenales para registrar el peso promedio. La alimentación consistió en alimento comercial de 32% de proteína, ofrecido una vez al día y distribuido en cuatro recipientes (uno por estanque) para estimar consumo según densidad.

Los parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura y nitrógeno amoniacal) fueron monitoreados catorcenalmente utilizando kits de análisis comercial, también se calculó la tasa de supervivencia y el Factor de Conversión Alimenticio (FCA) en ambas densidades. El análisis estadístico de los datos finales se realizó mediante prueba t de Student con nivel de significancia de ($p<0.05$), utilizando el software SPSS.

Resultados y discusión

Como se muestra en la Figura 1, la densidad de siembra tuvo un efecto significativo en las variables productivas. La densidad con 40 peces/m^3 presentó un peso final promedio de 16.40 g, en comparación con 14.25 g en la densidad de 20 peces/m^3.

Un posible elemento que ayudó al óptimo rendimiento en alta densidad fue la conducta grupal de la especie. Este es un pez gregario que, en determinados escenarios, puede mostrar un estrés reducido en grupos más numerosos, lo que promueve el apetito y el aumento de peso. Esto concuerda con hallazgos de Little *et al.*, (2012), quienes indican que esta especie soporta de manera adecuada sistemas de cultivo de alta densidad, siempre y cuando existe suficiente oxigenación y alimentación.

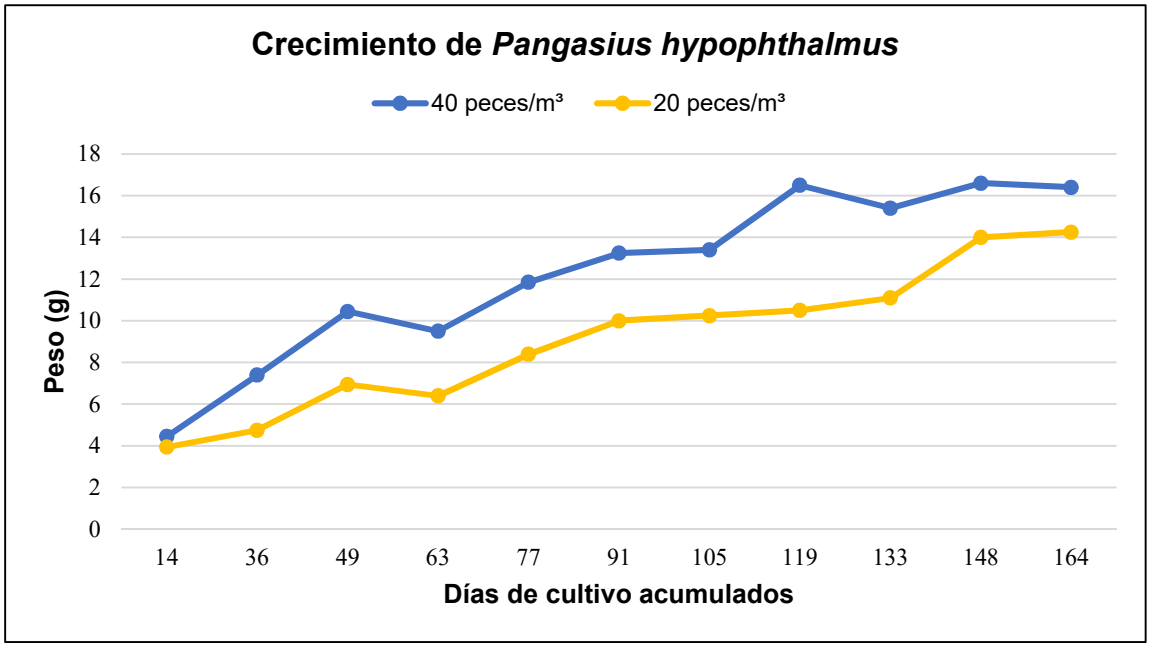


Figura 1. Evolución del peso promedio (g) de *P. hypophthalmus* bajo dos densidades de cultivo durante 164 días.

Los valores se mantuvieron dentro de rangos esperados (Cuadro 1); temperatura (20°C- 29°C), pH (7.0- 8.2), nitrógeno amoniacal (0ppm- 4ppm) lo cual sugiere que las condiciones del agua no fueron un factor limitante en el crecimiento. La temperatura incrementó progresivamente, lo cual pudo haber favorecido al metabolismo y crecimiento, especialmente en las últimas etapas.

Cuadro 1. Resumen de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el cultivo.

Fecha de biometrías	pH	pH rango alto	Nitrógeno amoniacal (ppm)	Temperatura del agua (°C)
28-nov-24	7.6	8.2	4	23
12-dic-24	7.6	7	0.25	21
03-ene-25	7.6	7.4	0.25	20
16-ene-25	7.6	8.2	0.25	21
30-ene-25	7.6	8	0.25	22
13-feb-25	7.6	8.2	0	25
27-feb-25	7.6	8.2	0	22
13-mar-25	7.6	8	0	24
27-mar-25	7.6	8.2	0.25	26
10-abr-25	7.6	8.2	0.25	24
25-abr-25	7.6	7.4	0.25	29
11-may-25	7.6	7.4	0.25	29

El factor de conversión alimenticia (FCA) fue mejor en el tratamiento con mayor densidad: 20 peces/m^3; FCA = 5.22, 40 peces/m^3; FCA = 2.52. La tasa de sobrevivencia fue alta (97.5%), lo que indica que la densidad no comprometió la salud de los organismos. Esto puede justificarse por el comportamiento gregario de la especie: en densidades superiores, los peces suelen congregarse y mantener una actividad alimentaria más uniforme, lo que disminuye las pérdidas de alimento y potencia la digestibilidad grupal. Además, al proporcionar alimento por estanque y no individualmente por pez, en alta densidad, la competencia por los gránulos podría haber impulsado un consumo más acelerado y homogéneo, reduciendo la ruptura o dispersión de partículas que se desperdician.

Conclusiones

El *Pangasius hypophthalmus* demostró un mejor desempeño productivo en alta densidad, con mayor ganancia de peso, mejor eficiencia alimenticia y sin afectar la supervivencia. Estos resultados sugieren que, bajo condiciones controladas, esta especie puede adaptarse exitosamente a cultivos intensivos en México.

Este estudio representa una primera aproximación para la validación técnica de la especie en condiciones locales, y sienta las bases para futuros ensayos en sistemas semi-intensivos o comerciales.

Referencias bibliográficas

FAO (2018) The state of world fisheries and aquaculture. Meeting the Sustainable Development Goals. FAO, Rome. 227p. http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf

Little D. C., Bush S. R., Belton B., Phuong N. T., Young J. A. y Murray F. J. (2012) Whitefish wars: *Pangasius*, politics and consumer confusion in Europe. Marine Policy, 36, 738-745. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.10.006

Platas-Rosado D. E., Hernández-Arzaba J. C. y González-Reynoso L. (2017) Importancia económica y social del sector acuícola en México. Agroproductividad, 10, 19-24. http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/47

CARACTERIZACIÓN DE MIEL DE CALAKMUL, CAMPECHE

Armando Guerrero-Peña[1] y Gloria Esperanza De Dios-León[2]*

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, México.
[2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Región Orizaba-Córdoba, Carretera Peñuelas, Amatlán, kilómetro 177, C. P. 94500. Córdoba, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: gdedios@uv.mx

Palabras clave: *Análisis de miel, Espectroscopia molecular, Quimiometría, HCA, PCA.*

Introducción
La composición de la miel depende principalmente de factores como el origen botánico, geográfico, el clima de la zona, el manejo de las colmenas en el proceso de recolección y almacenamiento, con una composición compleja por la cantidad de nutrientes, compuestos y propiedades físicas (Alfaro *et al*., 2010). La investigación tiene por objetivo la caracterización de la miel de una asociación de productores de Calakmul mediante métodos convencionales, espectroscopia ultravioleta-visible (UV-VIS) y quimiometría.

Materiales y métodos
Las 24 muestras de miel proceden de Calakmul, Campeche, México y pertenecen a una cooperativa de 12 productores cuyo propósito es iniciar la comercialización como marca propia. Los análisis realizados fueron: pH, CE, acidez libre, láctica y total y para la interpretación se realizó una estadística descriptiva, así como el análisis de agrupamiento jerárquico (HCA) representado con un dendrograma. Con un espectrofotómetro ultravioleta – visible (UV-VIS) marca Perkin Elmer modelo LAMBDA 10 se obtuvieron los espectros de cada muestra de miel; y para la interpretación de los espectros se realizó mediante análisis de componentes principales (PCA, siglas en inglés). Los programas utilizados fueron Excel, 2019 (17.0) y Pirouette (Infometrix versión 4.11).

Resultados y discusión
En °Brix se presentaron cuatro muestras de miel con valores extremos, siendo la única variable la cual presentó este tipo de datos. El pH, la CE, acidez libre y acidez láctica presentaron asimetría positiva, mientras que los °Brix y la acidez total tienen asimetría negativa. Las variables correlacionadas fueron el pH y la CE (r^2 = 0.91), la acidez libre y la CE (r^2 = 0.74) y la acidez libre y la acidez total (r^2 = 0.92). Los valores de pH promedios fueron 3.84±0.23 con un valor mínimo fue 3.49 y el máximo 4.17. La CE tuvo como media 382.67±143.60 µS/cm, con un mínimo de 188.20 y un máximo de 604.80 µS/cm. Las 24 muestras de miel evaluadas en este experimento tienen en promedio valores de CE menores a lo establecido por el CODEX alimentarius (800 µS/cm). El promedio de los °Brix fue 77.66±4.70% con un mínimo de 61.20 y un máximo 81.90. Para la acidez libre el promedio fue 48.31±13.92 mientras que el mínimo fue 28.69 y el máximo 76.21. La acidez láctica fue en promedio de 12.66±5.75 con un mínimo de 5.59 y un máximo de 25.91. El promedio de la acidez total fue 60.96±14.76 con un mínimo de 39.12 y un máximo de 85.36.
Con los datos de pH, CE, acidez libre, láctica y total, se realizó un análisis no supervisado mediante agrupamiento jerárquico (HCA, siglas en ingles), el cual se presenta en la Figura 1. Las muestras de miel tienen una similaridad alta debido a que la distancia de enlace o unión es cercana a la unidad para las 24 muestras de miel. Si se forman tres grandes grupos, indica que las muestras pueden proceder de tres zonas productoras de Calakmul. De las muestras que presentan una distancia de unión mayor destacan M23 y M24, las cuales corresponden a mieles de la región, pero con mayor tiempo de almacenamiento. Brereton (2003) indica que, en un agrupamiento jerárquico, un índice de similitud igual a 1, significa que las muestras tienen características idénticas, mientras que valores cercanos a cero, son de nula similaridad. Con base en lo anterior se puede indicar que las muestras tienen alta similaridad si se considera el índice (> 7) del dendrograma (Figura 1), lo cual puede atribuirse a que son mieles de una misma región donde todas forman un gran grupo. Sin embargo, se forman subgrupos con las muestras 7, 8, 9, 10, 13, 14, 23 y 24 (marcado con azul); las muestras 1, 2, 15, 16, 20 y 21 forman el grupo marcado con color rojo. El subgrupo formado por las muestras de miel 5, 6, 11, 12, 17, 18 y 19 son el grupo marcado en verde; finalmente, el grupo en color purpura se forma con las muestras 3, 4 y 22.

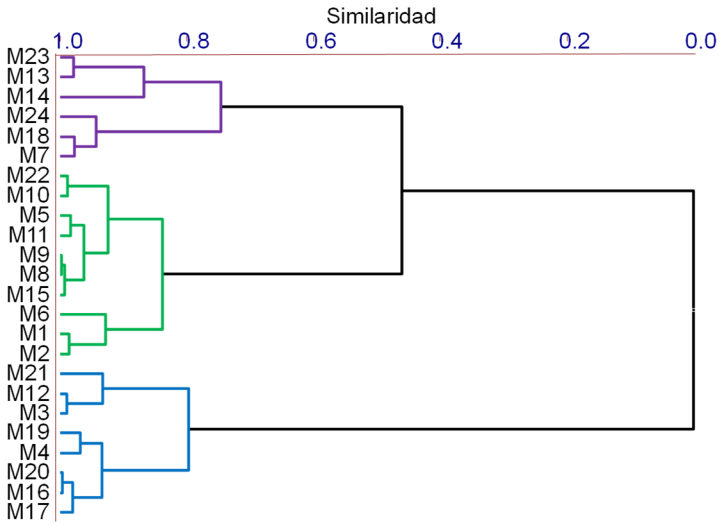


Figura 1. Análisis de agrupamiento jerárquico de las propiedades físicas y químicas de las mieles de Calakmul, Campeche, México.

En la Figura 2(a) se presentan los espectros (UV-VIS) de las 24 muestras de miel de Calakmul, Campeche. La matriz es de 441x26 con un total de 10584 datos. El PCA se realizó solo con una normalización de los datos. El PC1 explica el 99.55% de la variabilidad de los datos y el PC2 el 0.45% con lo cual la dimensionalidad de los datos se reduce solo a dos, por ello que se presentan las muestras en un espacio bidimensional (Figura 2(b). Todas las muestras están en un mismo cuadrante y no se identifican muestras atípicas. La alta variabilidad explicada por el PC1 confirma lo observado en el dendrograma para los resultados del análisis químico convencional. Miller and Miller (2018) y Brereton (2025) indican que la varianza explicada por la PC1 fue 99.9998% y el CV del factor 1 (PC1) fue en promedio de 0.2278, lo cual indica que no existen valores influyentes en la matriz de datos espectrales y que no existen variables que presenten varianzas más grandes que el resto que puedan controlar la primera componente principal las define como variables de baja intensidad que no discriminan, con lo cual se trata de muestras con una composición similar. Con dos métodos independientes se pude concluir que se trata de muestras de una misma región, con particularidades que pueden deberse a condiciones muy puntuales de vegetación o manejo de la miel durante la cosecha y envasado.

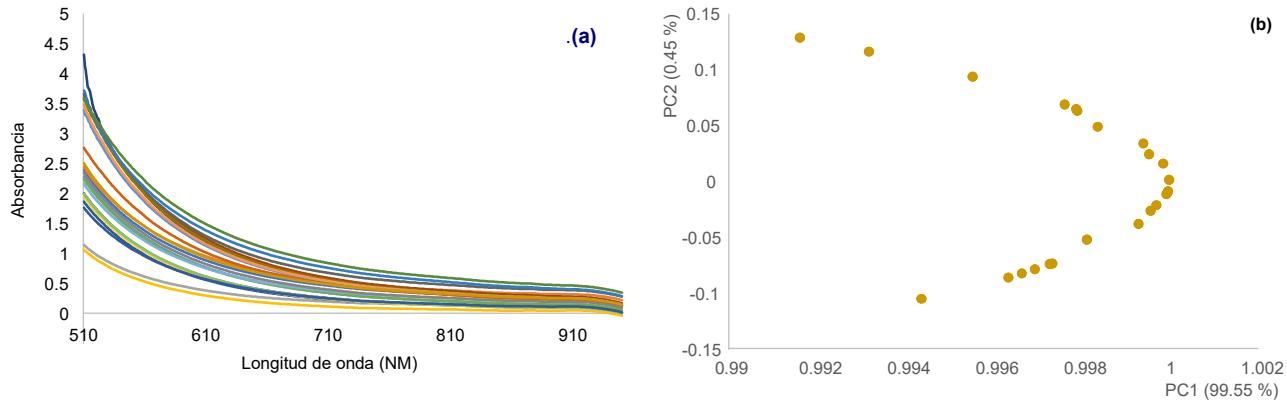


Figura 2. (a) espectros ultravioleta-visible y (b) componentes principales de las mieles de Calakmul, Campeche, México.

Con la espectroscopia ultravioleta–visible se obtuvieron resultados similares a los de los métodos convencionales, con la ventaja de que la espectroscopia es más rápida (siete minutos), no genera residuos de laboratorio, tiene menos manipulación de la muestra y, por lo tanto, menor error analítico que los métodos convencionales.

Conclusiones

Las mieles de Calakmul estudiadas presentan valores de sus propiedades similares a los de la literatura internacional, las normas mexicanas y el Codex Alimentarius. Mediante dos técnicas analíticas independientes se puede concluir que las muestras proceden de una misma región con particularidades que se deben más al manejo durante la cosecha y el envasado de la miel. Así mismo con la espectroscopia ultravioleta – visible (UV-VIS) se obtuvieron resultados similares a los de los métodos convencionales, con la ventaja de que la espectroscopia es más una técnica analítica más rápida (respuesta en minutos), no genera residuos de laboratorio, tiene menos manipulación de la muestra y por tanto menor error analítico; todo esto cuando se compara con los métodos convencionales.

Referencias bibliográficas

Alfaro, R., J. Ortiz y J. González. 2010. Plantas melíferas: melisopalinología.

Brereton, R. G. 2025. Principal Component Analysis: Standardisation. Journal of Chemometrics 39: e3607 https://doi.org/10.1002/cem.3607.

Codex Alimentarius Commision. 2001. Codex Alimentarius Commision Standards.

Miller J. and J. Miller. 2018. Statistics and chemometrics for analytical chemistry. 7th edition Pearson Education. 312 pp.

EVALUACIÓN DE FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN SISTEMAS DE DOBLE PROPÓSITO

Cynthia Olivia Retureta-González[1*], Patricia Cervantes-Acosta[1], Vicente Vega-Murillo[1], Antonio Hernández-Beltrán[1], Francisco Juárez-Lagunes[1], Erika Andrea Hernández[2] y Héctor Daniel Inurreta-Aguirre[3]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Miguel Ángel de Quevedo S/N, esq. Yáñez.
[2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Desviación Lindero Tametate S/N, La Morita, 92100 Tantoyuca, Ver.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.
*Autor para correspondencia: retureta rc@gmail.com.mx

Palabras clave: *Lactancia, Grasa, Proteína, Genético, Ambientales.*

Introducción

La producción de leche bovina es una de las actividades pecuarias sobresalientes en todo el mundo (North *et al*., 2023). México ocupa el 15° lugar a nivel mundial en producción de leche bovina, con 12,867,366 miles de toneladas anuales (CANILEC, 2022). Esta producción se lleva a cabo bajo diversas condiciones agroecológicas, tecnológicas y socioeconómicas (Barrón-Bravo *et al.,* 2023) lo que ha dado lugar a tres sistemas de producción: especializado o intensivo, semi especializado o familiar y de doble propósito (SDP) (CANILEC, 2022). Este último se desarrolla en la región tropical, principalmente en el estado de Veracruz que aporta el 6.1% de la producción de leche nacional (SIAP, 2024). Uno de los retos para la ganadería en esta zona es identificar, analizar y estimar los parámetros de producción y calidad de la leche y compararlos con los óptimos (Loera y Banda, 2017). Conocer la variabilidad de la composición y producción láctea en vacas del SDP permitirá identificar factores que influyen en su rendimiento, tales como, condiciones agroecológicas, manejo nutricional y prácticas de ordeño. En este sentido los objetivos de este trabajo fueron: caracterizar la producción y composición láctea en vacas del sistema de producción de doble propósito en la zona central del estado de Veracruz, México; determinar la influencia de los efectos genéticos y ambientales y generar información que permita evaluar el desempeño productivo de estos animales.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló con vacas lactantes de tres hatos productores de leche bajo el SDP ubicados en la región central del estado de Veracruz, México. Para el estudio se utilizó una población de 79 vacas cruzadas, todas con datos productivos y pedigrí. Los genotipos agrupados fueron cruzas de Holstein*Cebú (H/C) (n 17), cruzas Pardo Suizo*Cebú (S/C) (n 50) y cruzas Pardo Suizo*Holstein*Cebú (S/H/C) (n12). La alimentación de los animales se basó en pastoreo rotacional controlado con variedades de pastos como *Digitaria decumbens, Brachiaria decumbens, Brachiaria brizantha, Cynodon nlemfuensis, Megathyrsus maximus* y grama nativa (*Paspalum* spp. y *Axonopus* spp.), la suplementación consistió en alimento comercial de 18% de proteína, suministrado al momento de la ordeña (2 kg por vaca), además de sales minerales y agua a libre acceso. En los tres hatos, el ordeño se realizó mecánicamente una vez al día, por la mañana, bajo un manejo con amamantamiento restringido. Durante los primeros 60 días, los terneros consumieron un cuarto de ubre y leche residual, y posteriormente solo leche residual hasta el destete. La producción de leche en el hato 3 se registró mediante el pesador de la ordeñadora mecánica, mientras que en los otros dos hatos se utilizó una báscula mecánica de reloj. Se recopilaron 652 registros durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2023 y el 30 de septiembre de 2024. Las muestras de leche se recolectaron cada 28 días mediante ordeño mecánico simple. En cada hato se obtuvieron 100 mL de leche por vaca sin conservante, almacenados a 8°C hasta su análisis. La recolección individual durante la ordeña aseguró el cumplimiento de la NOM-155-SCFI-2012 y a los métodos de la Assay Official Analytical Chemist (AOAC International, 2016). Para considerar el efecto época se agrupó en: seca, los meses de marzo, abril y mayo; lluvia: junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre y norte: diciembre, enero y febrero. El análisis de composición de la leche se realizó durante las primeras 24 horas de su obtención por la técnica de espectrofotometría infrarroja (IR) en el equipo MilkoScan FT-120, A/S FOSS

Electric®. Los valores que se registraron fueron: producción de leche (kg), grasa, proteína, lactosa (g/dL). Se realizó un análisis de varianza por el método de cuadrados mínimos mediante un modelo lineal general, con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2024), que incluyó los efectos fijos de grupo genético, año, hato, época de muestreo, época de parto, número de parto. Se incluyó la duración de la lactancia como covariable cuando fue la variable dependiente. $Y_{ijklmn}= \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_m + f_n + g_o + e_{ijklmno}$ donde: $Y_{ijkl=}$ duración de la lactancia (días), producción de leche (kg), grasa, proteína y lactosa (g/dL), μ = media general, a_i = efecto i- ésimo grupo genético, b_j = efecto j- ésimo año, c_k = efecto k- ésimo hato, d_l= efecto l- ésimo época de muestreo, e_m = efecto m- ésimo número época de parto, f_n= efecto f- ésimo número de parto, g_o= covariable duración de la lactancia en días, e_{ijklmn} = error aleatorio (e).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedios, el número de observaciones y estadísticas descriptivas de los animales utilizados en cada uno de los análisis, por variable analizada.

Cuadro 1. Número de observaciones y estadística descriptiva para duración de la lactancia (días), producción (kg), proteína (PC) (g/L), grasa (g/L) y lactosa (g/L).

Variable	N	Media	DE	Mínimo	Máximo
Duración de la lactancia	480	307	71.95	127	436
Producción total kg/lactancia	471	1,240	468.19	152.5	2,375.56
PC	652	3.18	0.41	1.89	5.37
Grasa	652	3.49	0.82	1.73	5.95
Lactosa	652	4.42	0.47	1.98	5.86

Los niveles de significancia de los efectos incluidos en los modelos para duración de la lactancia, producción de total, proteína, grasa y lactosa se presentan en el Cuadro 2.

Los resultados mostraron efectos altamente significativos ($p < 0.01$) del genotipo, año de muestreo, época de parto y número de parto sobre la duración de la lactancia. La producción total de leche fue influenciada de manera altamente significativa ($p < 0.01$) por el hato, el año, la época de muestreo, la época de parto y el número de parto. En cuanto a la composición de la leche, el contenido de proteína presentó efectos altamente significativos del año y la época de muestreo, y significativos ($p < 0.05$) del hato. El contenido de grasa fue afectado de forma altamente significativa ($p < 0.01$) por el hato y la época de parto, y de manera significativa ($p < 0.05$) por el año, la época de muestreo y el número de parto. En el caso de la lactosa, no se observaron efectos significativos de los factores analizados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles de significancia para los efectos considerados en los modelos de análisis para duración de la lactancia, producción total, proteína, grasa y lactosa.

Efecto	Duración lactancia (días)	Producción total (kg)	Proteína (g/dL)	Grasa (g/dL)	Lactosa (g/dL)
Genotipo	<.0001**	0.1454	0.3586	0.9560	0.6988
Hato	0.644	<.0001**	0.0204*	0.0013**	0.0895
Año muestreo	<.0001**	<.0001**	0.0004**	0.0434*	0.0961
Época muestreo	0.0548	0.0009**	<.0001**	0.0259*	0.0646
Época parto	<.0001**	<.0001**	0.1107	0.0051**	0.4943
Número parto	<.0001**	<.0001**	0.0650	0.0235	0.1529

(** p<0.01, *p<0.05).

Se observaron diferencias significativas por genotipo para duración de la lactancia; las vacas del grupo H/C presentaron la menor duración de la lactancia con 273 ± 11.0 días, comparados con los grupos S/C y S/H/C que alcanzaron 327 ± 8.9 y 339 ± 9.8 días. El año 2023 presentó la mayor duración de la lactancia y menor producción total (905 ± 37.4 kg) en comparación con el año 2024 (1,323 ± 36.5 kg). Esto demuestra el impacto que tiene el analizar los registros productivos para la toma de decisiones. Para la variable producción total por lactancia se presentaron diferencias significativas en cuanto al efecto época de muestreo en lluvia, obteniendo así la mayor producción de leche acumulada (1,232 ± 36.9 kg). En este sentido se puede apreciar como el desempeño productivo del ganado bovino de leche es directamente afectado por los factores climáticos de su entorno productivo (Arias *et al.,* 2008). Las vacas que parieron en época seca presentaron la mayor duración de lactancia

y la mayor producción total de leche. Con respecto al número de lactancia se observa un patrón claro con las vacas a primer parto que produjeron menos leche (828 ± 47.3 kg.) incluso con más días en lactancia (345 ± 7.5 días), comparado con las vacas de más de dos partos; como señala Salazar *et al*. (2014), la producción en la primera lactancia está influida por la tasa de crecimiento y la edad al primer parto.

En cuanto a los componentes de la leche se evidenciaron variaciones importantes para cada uno de los efectos analizados. Se observaron diferencias significativas entre los dos años de estudio para proteína, grasa y lactosa; presentando los mejores valores para el 2024 (3.3 ± 0.03 g/L) de proteína y grasa (3.8 ± 0.08 g/L), mientras que el contenido de lactosa fue ligeramente menor (4.2 ± 0.04 g/L) para el año 2024 con respecto al 2023. Estas diferencias pueden estar relacionadas con variaciones climáticas, nutricionales y de manejo. (Jayasinghe *et al*., 2024). Durante la época de lluvias se registraron los mayores contenidos de proteína (3.4 ± 0.03 g/L) y grasa (3.8 ± 0.08 g/L), lo que podría atribuirse a una mejor calidad y disponibilidad de forraje en comparación con las épocas seca y de norte (Bolaños-Aguilar *et al.,* 2011). Se observaron diferencias según la época de parto, destacando un mayor contenido de grasa en vacas que parieron durante la época de norte (3.8 ± 0.08 g/dL). El número de partos solo afectó significativamente el contenido de grasa ($p < 0.05$). En relación con el número de partos, se observaron diferencias significativas únicamente en el contenido de grasa ($p < 0.05$). En el caso de las vacas en su parto número 4 presentaron el valor más alto de grasa (3.9 ± 0.10 g/dL). La grasa disminuyó a medida que aumentaron los partos.

Conclusiones

La producción y composición de la leche en los hatos estudiados estuvieron influenciadas por los efectos genéticos y ambientales. En SDP bajo condiciones tropicales húmedas, factores como el año, la época de muestreo y de parto, el genotipo y el número de partos afectaron la duración de la lactancia, producción total, porcentajes de proteína, grasa y lactosa, deben considerarse al evaluar el desempeño productivo de los animales.

Referencias bibliográficas

Barrón-Bravo, O. G., R. Avilés-Ruiz, C. A. Sahagún-Ángel, G. J. Alcalá-Rico, J. Arispe-Vázquez y R. D. Garza-Cedillo. 2023. Caracterización de unidades de producción familiar de bovinos, Llera, Tamaulipas, México. Abanico Boletín Técnico 2:1-21.

Bolaños-Aguilar, E., F. Meléndez Nava, J. Enríquez Quiroz y V. Esqueda Esquivel. 2011. Producción y Manejo de Forrajes Tropicales. Coyoacán, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

North, M. A., J. A. Frank, B. Ouweneel, C. H. Trisos. 2023. Global risk of heat stress to cattle from climate change. Environmental Research Letters 18(9): 094027. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aceb79

Jayasinghe, J., K. G. Pembleton, D. G. Barber, D. J. Donaghy and T. Ramilan. 2024. Modelling of tropical pasture growth using DairyMod: Model parameterisation and validation across multiple environments. European Journal of Agronomy 156: 127146. https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127146

Loera, J. y J. Banda. 2017. Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno Rev. Investig. Altoandin. [online]. 19(4): 419-426. ISSN 2313-2957. http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.317

METALES PESADOS EN CARNE DE COCODRILO PARA CONSUMO HUMANO

Adrián Gutiérrez-Cervantes[1]*, Jesús Montoya-Mendoza[1], Carlos David Pérez-Brígido[2] y Víctor Fernando Torres-Aburto[3]

[1]Tecnológico Nacional de México. Campus Boca del Rio, Veracruz - Córdoba 12, 94290 Boca del Río, Ver.
[2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan Tampico Kilómetro 7.5, Universitaria, 92870 Alto Lucero, Ver.
[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Circunvalación s/n, Veracruzana, 91710 Veracruz, Ver.
*Autor para correspondencia: adrian.gc@bdelrio.tecnm.mx

Palabras clave: *Contaminación, Especies no convencionales, Cría intensiva, Cocodrilianos.*

Introducción

Los metales pesados son elementos químicos metálicos cuya densidad y masa atómica es alta en comparación con la del agua. Se considera que el 92% de la población mundial vive en lugares con altos niveles de contaminación. Los principales contaminantes en suelos son los metales pesados como zinc, cadmio, cobre y plomo; los componentes de los contaminantes son derivados de restos de combustibles, pesticidas fertilizantes, actividades industriales y restos de pinturas. Generan toxicidad en los seres vivos debido a que no pueden ser metabolizados, provocando daños a la salud (Baby, 2010). Los metales pesados en el medio ambiente no suelen degradarse por actividades biológicas o químicas. Presentan bioacumulación en los seres vivos, ya sea por biosíntesis, ingestión o absorción (Carriquiriborde, 2021). Los contaminantes se van acumulando y afectando las cadenas tróficas, afectando hojas de alimento, carne, leche, huevos, agua corriente desde algas y fitoplancton. Los organismos acuáticos son considerados bioindicadores por contaminación de metales pesados (Kalisinska *et al.,* 2004). Se considera a los cocodrilos como una especie apta para actuar como bioindicador por tener un periodo de vida largo, presentan concentraciones altas de contaminantes en hígado y riñones y metabolismo lento. Existen granjas intensivas que se dedican a la crianza de cocodrilo de pantano para venta de piel y como subproducto la carne para consumo humano. Los informes anuales de la CITES indican que de 1989 a 2002 el monto comercializado a nivel mundial de carne de *C. moreletii* fluctuó alrededor de 400 toneladas anuales.
Desde ese tiempo, las exportaciones aumentaron considerablemente y han ascendido a más de 750 toneladas en 2005. El uso del agua de ríos además de ser empleada para consumo doméstico, se usa en fábricas refresqueras, agricultura entre otras actividades (Román-Jiménez *et al*., 2011).
Este estudio se enfocó en evaluar las concentraciones de metales pesados en tejido muscular de cocodrilo de cría intensiva en la zona centro de Veracruz, México, utilizando **Pb y Cd** como contaminantes clave. Con lo anterior buscamos evaluar los riesgos potenciales de exposición para los consumidores humanos e identificar posibles fuentes de contaminación dentro de los sistemas de cría intensiva. El objetivo del trabajo fue determinar la presencia de metales pesados en la carne de cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) destinada para consumo humano.

Materiales y métodos

Se colectaron muestras individuales de tejido muscular de 24 ejemplares (ancho de abdomen cm) 35.04 ± 9.5, long (cm) 108.95 ±17.21; peso (g) 4678.45 ± 3632.18 cada dos meses, las cuales recibieron un pretratamiento con el método de digestión ácida del tejido por vía húmeda basado en la NOM-117-SSA1-1994. Posteriormente se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar la presencia de los niveles de Pb y Cd de acuerdo a la metodología especificada en la NOM 117 (1994). A los resultados obtenidos se les realizó estadística descriptiva con el uso del programa estadístico STATISTICA V.10.

Resultados y discusión

Se encontraron hallazgos superiores a 1.0 mg/kg respecto a plomo, en el caso de cadmio se determinó una concentración >0.05 mg/kg pero menor al permitido de 0.1 mg/kg. Los cocodrilos acumulan contaminantes a través de la cadena alimenticia al estar en el nivel superior, siendo bioindicadores específicos para evaluar la contaminación ambiental (Espín *et al.,* 2016). Los hallazgos superaron de 1 a 10 veces los límites recomendados para consumo según diferentes organismos y gobiernos (FAO, USDA, NOM,etc). Los niveles son consistentes

con los observados en otras especies acuáticas como peces de agua dulce de las mismas regiones, se han documentado niveles de plomo entre 2.0 y 12.7 mg/kg, lo que sugiere una exposición ambiental compartida (Barraza *et al*., 2018). Los ejemplares analizados de la zona centro del estado de Veracruz comparten fuentes de agua de zonas con diversos grados de perturbación urbana, actividades agrícolas e industriales de diferentes rubros.

El consumo de carne de cocodrilo se ha promovido como fuente de proteína porque, teóricamente, no presenta riesgos causados por la presencia de **contaminantes**, y el presente estudio muestra que el consumo humano de este producto podría representar un riesgo. Este estudio registró concentraciones de **Pb** que supera los límites nacionales (1.0 mg/kg), que son causa de graves problemas de salud pública (Codex Alimentarius, 2017). Por lo tanto, es necesario considerar la frecuencia de consumo de este organismo para mantenerse dentro de los límites de la **ingesta semanal tolerable provisional** para el Pb (25 µg/kg de peso corporal), recomendada por la Comisión Mixta **FAO/OMS**. Teniendo en cuenta los datos de México, donde el promedio nacional de peso corporal es de 75 kg y el consumo anual *per capita* de carne de cocodrilo no se encuentra registrado, la ingesta estimada de Pb sería muy baja según los criterios del Codex Alimentarium. Cabe señalar, que el consumo de proteína de cocodrilo es una práctica no frecuente, ya que se trata de una especie no convencional. Será necesario realizar trabajos más extensos para determinar el riesgo que representan otros contaminantes.

Conclusiones

Se detectó la presencia de **metales pesados** en el tejido muscular de *cocodrilo* de cría intensiva para consumo humano. Las concentraciones promedio de **Pb (plomo)** estuvieron por encima del límite permisible y en **Cd (cadmio)** estuvieron por debajo del límite permisible. La disponibilidad de metales pesados para los organismos que habitan en la granja de cría intensiva podría deberse a la proximidad de asentamientos urbanos y a las diferentes actividades antropogénicas que se desarrollan en el área. **El consumo de proteína de *cocodrilo* procedente de esta área no implica un riesgo potencial para la salud humana.**

Agradecimientos

Se agradece al Tecnologico Nacional de México-Instituto Tecnologico de Boca del río y al Laboratorio de Investigación de Recursos Acuaticos (LIRA) perteneciente al mismo instituto por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación. Al SECIHTI por la beca otorgada dentro de las Estancias Posdoctorales por México modalidad académica. Y al Centro Oceanografico del Golfo y Mar Caribe, por el apoyo otorgado en el Laboratorio de Contaminación Ambiental.

Referencias bibliográficas

Baby, J., J. S. Raj, E. T. Biby, P. Sankarganesh, M. V. Jeevitha, S. U. Ajisha and S. S. Rajan. 2010. Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. International Journal of Biological and Chemical Sciences 4(4).

Barraza, M., M. Recavarren, and P. Sanzano. 2018. Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea.

Carriquiriborde, P. 2021. Principios de Ecotoxicología.

Espín, S., A. J. García-Fernández, D. Herzke, R. F. Shore, B. Van Hattum, E. Martínez-López and N. W. Van den Brink. 2016. Tracking pan-continental trends in environmental contamination using sentinel raptors—what types of samples should we use?. Ecotoxicology 25: 777-801.

Kalisińska, E., W. Salicki, P. Mysłek, K. M. Kavetska and A. Jackowski. 2004. Using the Mallard to biomonitor heavy metal contamination of wetlands in north-western Poland. Science of the total environment 320(2-3): 145-161.

Román-Jiménez, A. R., M. A. Mendoza-Briseño, A. Velázquez-Martínez, M. R. Martínez-Ménez, J. M. Torres-Rojo and H. Ramírez-Maldonado. 2011. Usos y riesgos del agua en la cuenca La Antigua, Veracruz, México. Madera y bosques 17(3): 29-48.

FORESTAL

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

EFECTOS DE LA CRIOCONSERVACIÓN EN SECO EN EL VIGOR Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Laguncularia racemosa* Y *Avicennia germinans*

Irving Fernando García-Fernández[1]*y Verónica Valadez-Rocha[2]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Boca del Río, Km 12 Carr. Veracruz-Córdoba, C.P. 94290, Boca del Río, Ver, México.
[2]Universidad Veracruzana, Campus Xalapa, Cir. Gonzalo Aguirre Beltrán, C.P. 91090, Xalapa-Enríquez, Ver, México.
*Autor para correspondencia: m24990012@g.bdelrio.tecnm.mx

Palabras clave: *Viabilidad*, *Humedales costeros*, *Manglar*.

Introducción

Los ecosistemas de manglar representan un recurso ambiental fundamental debido a que ofrecen protección contra la erosión costera y actúan como reservorios de nutrientes, carbono y contaminantes. Además, son reconocidos como uno de los ambientes más fértiles, dada la elevada biomasa que producen y que trasladan a los ecosistemas estuarinos y marinos adyacentes. En el estado de Veracruz, existen de 35,181 a 42,000 hectáreas de manglar que funcionan como barrera protectora al reducir el impacto de oleajes y marejadas, especialmente durante eventos climáticos extremos. No obstante, a pesar de algunos esfuerzos de conservación, la presión sobre estas áreas persiste (Silva *et al*., 2023).

Los resultados de los programas de reforestación de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*) en Veracruz no han alcanzado los niveles esperados, con una tasa de supervivencia de apenas 0.1%. Esta baja viabilidad se atribuye principalmente a factores climáticos que afectan el desarrollo adecuado de las semillas durante la temporada de recolección, así como a prácticas inadecuadas en el manejo de la reforestación, particularmente en la selección de sitios de plantación, lo que influye directamente en el éxito del establecimiento de las plántulas (Carmona, 2018).

Es importante enfatizar que, aunque la calidad de la semilla es un factor determinante para la supervivencia, aspectos relacionados con la calidad genética y fisiológica de las plántulas producidas, así como el desconocimiento y aplicación insuficiente de prácticas idóneas de criopreservación, juegan un papel preponderante en la baja tasa de establecimiento efectivo. Por tal motivo el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura, tres diferentes tiempos de almacenamiento y efectos combinados de la crioconservación en el vigor y germinación de semillas de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*).

Materiales y métodos

Monitoreo de floración. Se realizó en los meses de abril a Julio de 2019, temporada de baja floración de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*) donde el incremento en la temperatura disminuyó y atrasó la disponibilidad de semillas en la zona. Para la obtención de semillas se colocaron 14 trampas de biomasa con medidas de 50 x 95 cm distribuidas equitativamente en 5 árboles adultos de mangle negro (*A. germinans)* y 4 árboles adultos de mangle blanco (*L. racemosa*). Una vez adquiridas las semillas se procedió a llevarlas al laboratorio de biología del instituto tecnológico de Boca del Río y se realizó el ensayo de tetrazolio siguiendo la metodología de la International Seed Testing Association (ISTA, 2014) para determinar el porcentaje de semillas viables.

Crioconservación en seco. Las semillas recolectadas se distribuyeron en 9 lotes los cuales se almacenaron a 3 diferentes temperaturas (0°C, -3°C y -5°C) y a tres periodos de conservación (1, 2 y 3 meses, en el caso del mangle blanco; y 1, 2 y 4 meses para el mangle negro).

Vigor y germinación. Una vez transcurrido el tiempo de crioconservación, se sembraron los lotes correspondientes al T1 (t1, 0°C; t2, -3°C; y, t3, -5°C), en el segundo mes se sembraron los lotes correspondientes a T2 (t1, 0°C; t2, -3°C; y, t3, -5°C) y en el cuarto mes los lotes correspondientes a T3 (t1, 0°C; t2, -3°C; y, t3, -5°C). A cada uno de los tratamientos se les determinó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la aparición del brote y rompimiento de la radícula. Las plántulas de *A. germinans* y *L. racemosa* que crecieron en el semillero fueron utilizadas para reforestar un área del manglar de mandinga conocida como río del dorado.

Análisis estadístico. Se utilizó el software Statistica 7, realizando la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov, con nivel de significancia α= 0.05 identificando como no ajustado a una distribución normal con valores de $p < 0.05$, se realizó la prueba de homocedasticidad de Levene con un nivel de significancia de 95% suponiendo igualdad de varianzas con valores de $p > 0.05$. Se realizó un ANOVA de dos factores (tiempo y temperatura) y efectos combinados en el vigor con intervalo de confianza del 95%, no se identificaron diferencias significativas con valores de $p > 0.05$.

Resultados y discusión

En el presente estudio, la viabilidad de las semillas de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* fue evaluada mediante la prueba de tetrazolio, registrándose un porcentaje de viabilidad del 48% y 81%, respectivamente. Tras someter las semillas a un proceso de crioconservación en seco, se observó que los lotes almacenados a 0°C, correspondientes a los tres periodos de conservación evaluados (1, 2 y 3 meses para *L. racemosa*; 1, 2 y 4 meses para *A. germinans*), no germinaron en ninguna de las dos especies. En contraste, los lotes almacenados a -3°C y -5°C durante esos mismos periodos lograron germinar exitosamente, alcanzando un 100% de germinación para ambas especies (Figura 1).

Los análisis estadísticos (ANOVA factorial) mostraron ausencia de diferencias significativas entre tratamientos y su interacción ($p > 0.05$), indicando estabilidad del porcentaje de germinación dentro de los rangos evaluados. La falta de germinación a 0°C sugiere que esta temperatura no es adecuada para la conservación criogénica del germoplasma, mientras que las temperaturas de -3°C a -5°C favorecen el mantenimiento de la capacidad germinativa. Este comportamiento es congruente con los resultados de Ronse De Craene y Grace (2010), quienes mencionan que, debido a la naturaleza recalcitrante de las semillas de manglar, estas poseen baja tolerancia a la desecación y condiciones subóptimas de almacenamiento.

Figura 1. Germinación y emergencia de semillas *L. racemosa* (izquierda), *A. germinans* (derecha) de los lotes t2 y t3 después de 15 días de la siembra.

Akaji *et al*. (2021) mencionan que la temperatura afecta tanto la velocidad como el porcentaje de germinación, señalando que temperaturas por debajo de 20°C o superiores a 38°C pueden reducir significativamente la germinación. En general, las semillas de manglar requieren condiciones cálidas y estables dentro de ese rango para germinar exitosamente. Según datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y otras fuentes climatológicas, la temperatura media mensual en Veracruz-Boca del Río durante 2019 estuvo alrededor de 29 a 32°C, con una humedad relativa de 52 a 63%, lo que coincide con las condiciones óptimas reportadas por los autores.

Conclusiones

La colocación de trampas de biomasa es fundamental en las prácticas de conservación de semillas, ya que constituye una etapa de transición en la cual las semillas deben conservarse con la menor humedad posible. Por ello, evitar que las semillas entren en contacto directo con el sustrato permite mantenerlas en un estado de latencia adecuado, sin iniciar prematuramente su proceso de germinación. Durante la temporada de “semillas pobres”, el porcentaje de viabilidad fue de 48% para *Laguncularia racemosa* y de 81% para *Avicennia germinans*. Los resultados mostraron que el tratamiento t1 (0°C) fue negativo para la germinación, mientras que los tratamientos de almacenamiento a -3°C (t2) y -5°C (t3) obtuvieron mejores resultados en distintos periodos evaluados (1, 2 y 4 meses). Las condiciones de humedad y temperatura posteriores al almacenamiento influyen de manera directa en la expresión fenotípica y el vigor de las plántulas producidas. Las condiciones térmicas

promedio del estado de Veracruz, se encuentran dentro del rango compatible con las temperaturas óptimas para la germinación y desarrollo de estas especies, según datos oficiales y literatura especializada.

Los tratamientos a -3°C (t2) y -5°C (t3) permiten mantener la viabilidad de las semillas y garantizan una germinación exitosa y un inicio vigoroso, aspectos esenciales para la calidad de las plántulas destinadas a procesos de reforestación. Con los resultados presentados, se contribuye al conocimiento de aspectos básicos para la conservación de *L. racemosa* y *A. germinans*, lo que permitirá disponer de una base sólida para desarrollar una estrategia eficiente de reforestación en zonas deterioradas, complementada con un manejo adecuado que favorezca la supervivencia y establecimiento de las plantas.

Referencias bibliográficas

Akaji, T., Saruwatari, S., Miwa, K., & Funada, R. 2021. Temperature dependence of O_2 respiration in mangrove leaves and roots: Implications for growth temperature adaptation. New Phytologist 231(4):1652-1664. https://doi.org/10.1111/nph.18513

Carmona, G. 2018. Reforestan pescadores manglar de Sontecomapan. Universidad Veracruzana, recuperado: https://www.uv.mx/universo/300/infgral/infgral12.htm

ISTA (Ingternstional Seed tTesting Association). 2014. Normas internacionales para el análisis de semillas. Asociación Internacional de Análisis de Semillas, Bassersdorf. 335 pp.

Ronse De Craene, L. P., Fay, M. F. and Grace, J. 2010. Recalcitrant seeds: the problem of cryopreservation in conservation of tropical forest trees. Plant Biology 12(6):1020-1028. https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2009.00245.x

Silva, L. G., Ruiz, G. M. G. y Gómez D. J. A. 2023. Dinámica de la cobertura del manglar en el municipio de Alvarado, Veracruz, México usando una serie de tiempo larga. Botanical Sciences 101(2):358-373. https://doi.org/10.17129/botsci.3093

NUEVA ESTRATEGIA PARA GENERAR ECUACIONES ÓPTIMAS DE VOLUMEN MADERABLE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL – ALGORITMO GENÉTICO

Juan Carlos Tamarit-Urias[1]*, Gerónimo Quiñonez-Barraza[2], José Carlos Monárrez-González[2] y Enrique Buendía-Rodríguez[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, CP 74100, San Martinito, Tlahuapan, Pue., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango-Mezquital km 4.5, CP 34170, Durango, Dgo., México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Valle de México. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, CP 56250, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Cromosomas-locus, Generaciones, Operadores genéticos, Predictoras aptas, Regresión lineal*.

Introducción

En el manejo forestal, la variable más importante es el volumen maderable de los árboles individuales, porque a partir de su estimación, se puede realizar la proyección de operaciones de compra-venta y así determinar el ingreso económico que obtendrá el dueño del bosque (Costa *et al*., 2022). Conocer tal volumen también es importante para efectos de realizar una planeación de manejo óptima, por ejemplo, para operaciones de cosecha, aprovechamiento maderable selectivo o para calcular el abastecimiento sostenible de madera a la industria. Además, es fundamental para estimar crecimientos y rendimientos maderables, así como para inventariar la cantidad producida y almacenada de biomasa y carbono por los bosques. Dada la alta relevancia que tiene el volumen del árbol, es evidente la necesidad de desarrollar estrategias y métodos eficientes para estimarlo. En tal sentido, el uso de relaciones alométricas es el enfoque lógico, práctico y clásico para generar ecuaciones matemáticas con estructura lineal o no lineal que, en función de variables fáciles de medir, como el diámetro normal o la altura total, estimen el volumen maderable para una determinada especie de una ecorregión de interés. De este modo, se ajustan por regresión diferentes modelos alométricos reportados en la literatura especializada, se evalúa y compara la calidad de ajuste y se selecciona el de mayor capacidad predictiva. Sin embargo, dado que la cantidad de modelos a evaluar es limitada y la combinación de posibles variables predictoras es reducida, este procedimiento no garantiza que el modelo seleccionado sea el óptimo, ya que se desconoce si las variables que lo integran son las más adecuadas. Para superar esta limitación, se disponen de diferentes estrategias entre métodos convencionales (regresión por pasos hacia adelante o hacia atrás o mixto, análisis de correlación entre variables y método exhaustivo) y algoritmos de inteligencia artificial (IA) orientados a seleccionar las mejores variables de un modelo. Entre los métodos de IA, destacan algoritmos de redes neuronales artificiales, bosque aleatorio, soporte para máquinas vectoriales y el algoritmo genético (AG). Este último ha sido poco explorado en México en aplicaciones de modelación forestal. El AG se basa en principios de evolución biológica, como la supervivencia del más apto mediante selección natural; resuelve eficientemente problemas de optimización numérica, como lo es la identificación y selección de variables predictoras aptas para un modelo de regresión (Alhijawi y Awajan, 2024). Se planteó el objetivo de utilizar el método de AG para seleccionar las variables predictoras aptas en la construcción de modelos óptimos que estimen el volumen maderable de árboles individuales usando como caso de estudio a la especie *Abies religiosa* en Puebla, México.

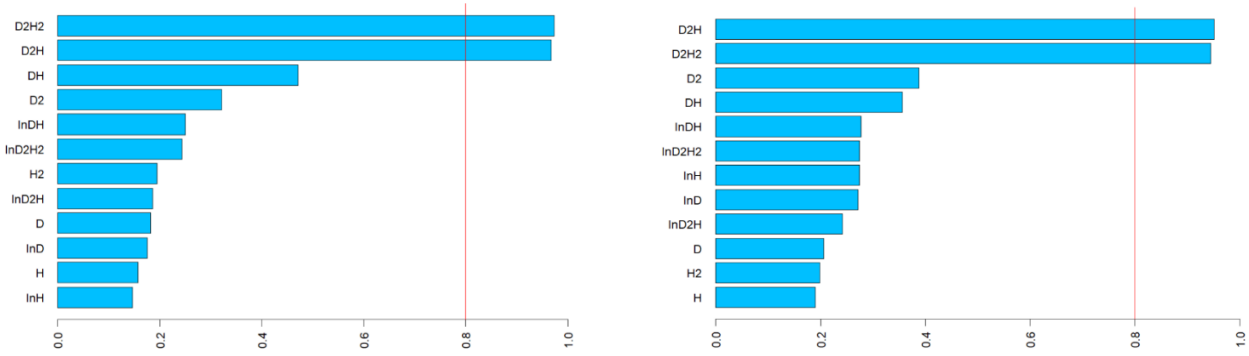
Materiales y métodos

Se procesaron datos de *Abies religiosa* de las Unidades de Manejo Forestal 2101 “Izta-Popo”, 2105 “Centro y Pico de Orizaba” y 2108 “Chignahuapan-Zacatlán” de Puebla, México. Se colectó una muestra de 224 árboles sanos de diferentes categorías de diámetro y altura, así como de condiciones de calidad de sitio. A cada espécimen se le midió el diámetro normal (D, cm) y la altura total (H, m), posteriormente se derribó, el fuste se seccionó en trozas comerciales de 2.5 m de longitud. Cada sección se cubicó con la fórmula de Smalian y la punta del fuste con la del cono. Por sumatoria de los volúmenes de todas las secciones por árbol se obtuvo el volumen maderable del fuste completo (V, m3) (Monárrez-González *et al*., 2024). Las variables originales independientes D y H se transformaron mediante la aplicación de la potencia grado 2 y del logaritmo natural (ln).

Después se consideraron en forma individual y combinada dual mediante la operación producto (DH, D2, H2, D2H, D2H2, lnDH, lnD2H, lnD2H2, lnD y lnH). Con tales variables junto con el V se construyó una función de arranque necesaria para aplicar el método de AG, para lo cual se utilizó el paquete glmulti (Calcagno y de Mazancourt, 2010) del programa estadístico libre R v4.4.1 en la plataforma RStudio. Los valores en los parámetros relevantes del AG fueron: tamaño de la población de 100, tasa de reproducción sexual de 0.1, tasa de inmigración de 0.3 y tasa de mutación de 0.001. Se especificó la función de iniciación con las 12 variables predictoras (las dos variables originales más las 10 transformadas). Como medida de comparación de modelos se aplicó una función de aptitud que correspondió al criterio de información de Akaike (AIC), el cual penaliza a modelos con mayor número de predictores y evitar que se incurra en sobreajustes. No se especificaron interacciones porque estas ya están dadas en las variables transformadas. El ajuste se realizó para la familia Gaussiana y se aplicó la técnica de mínimos cuadrados generalizados. La efectividad del AG se comparó con el método exhaustivo (ME o fuerza bruta) con el mismo paquete y programa estadístico; este consistió en generar, ajustar, evaluar y comparar a la vez la combinación completa de modelos lineales posibles considerando las 12 variables predictoras referidas. Ambos enfoques identifican a las predictoras más aptas que conformaran el modelo óptimo para estimar V. Para efectos de comparación entre las técnicas de AG y ME, se consideró el criterio de información Bayesiano (BIC), el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del cuadrado medio del error (RCME); también el tiempo de procesamiento y el nivel de exigencia en términos de la cantidad de modelos que cada técnica identifica como mejores en el rango de dos unidades del AIC por arriba del AIC del modelo óptimo.

Resultados y discusión

Las técnicas de AG y ME convergieron en el mismo mejor modelo de V, el valor del AIC fue de 299.4, los estadísticos de BIC, R^2 y RCME también fueron idénticos con valores de 313.0, 0.96 y 0.46 m3, respectivamente. Las mejores variables predictoras identificadas por ambos métodos fueron D2H y D2H2 (V = 1 + D2H + D2H2). Aunque gráficamente ambas variables están por arriba del umbral del 80% de la importancia relativa de las variables evaluadas (Figura 1), se tiene que, de considerarse a ambas predictoras en el modelo, se incurriría en problemas de multicolinealidad. Por tal razón, se consideró como la variable predictora más apta solo a D2H, misma que deberá conformar, además del intercepto escalado mediante la función exponencial (exp), al modelo óptimo, parsimonioso y robusto del V, quedando expresado en la forma: $V = exp(\beta_0) + \beta_0 \cdot D^2H$, donde β_i son parámetros del modelo, esta estructura matemática corresponde al modelo alométrico de Spur.



(a) (b)

Figura 1. Valor de importancia relativa de las variables evaluadas por la técnica de AG (a) y por el ME (b).

En relación al procesamiento de las variables por ambos métodos, se determinó que AG efectuó solo 340 generaciones (iteraciones) en un tiempo 30% más rápido que el ME, mismo que ajustó, evaluó y comparó 4,250 modelos, que corresponde a la combinación completa de modelos posibles. Además, AG fue más exigente que ME debido a que, al considerar una distancia de dos unidades del AIC con respecto al mejor valor de 299.4 que corresponde al modelo óptimo, el AG identificó solo 11 modelos como los mejores, además del óptimo, en tanto que el ME identificó 16 modelos.

También se determinó que, a pesar de que ambas técnicas identifican al mismo mejor modelo, los valores de pesos ponderados en función al AIC que indican la probabilidad de que efectivamente el primer modelo sea el mejor, evidencia que AG estima una probabilidad del 5.5%, en tanto que con ME es de tan solo el 3.9%; este aspecto es una evidencia más de que AG es superior que ME para identificar a las variables más aptas para

construir el modelo óptimo de volumen maderable. En México, la técnica de AG solo ha sido explorada con excelentes resultados por Tamarit-Urias *et al*. (2025), quienes lo aplicaron en datos de volumen maderable fustal para *Pinus montezumae* de Puebla, México. La evidencia sugiere que AG es una herramienta de optimización potente y robusta de IA para usarse en la modelación y biometría forestal mexicana, por lo que, debido a su solidez y simplicidad computacional para encontrar una solución óptima global, podría ser usada para generar modelos sobre otros atributos dendrométricos a nivel de árbol o dasométricos a nivel de rodal, tal como el área basal, densidad, biomasa o carbono orgánico. Es importante enfatizar que la técnica de AG solo ayuda a identificar las variables predictoras más aptas y en consecuencia la estructura matemática óptima del modelo de V; sin embargo, el usuario interesado posteriormente deberá proceder a ajustarlo, verificando que se cumplan los supuestos teóricos de la regresión, tal como la normalidad y homocedasticidad de residuales, además de no colinealidad, en tal proceso se deberán de realizar las correcciones necesarias (por ejemplo un ajuste ponderado) y aplicar las pruebas estadísticas pertinentes, para obtener los valores de los parámetros β_i y así el modelo final, que será útil para la realización de inventarios maderables.

Conclusiones

El método de algoritmo genético como herramienta de inteligencia artificial resultó ser una estrategia nueva, eficiente y robusta para identificar las variables predictoras más aptas que conforman un modelo óptimo de volumen maderable. La estructura matemática del modelo final puede después ajustarse verificando los supuestos teóricos de regresión. El modelo final será útil para efectuar inventarios maderables. Dada la evidencia y el éxito logrado, la técnica de algoritmo genético podría considerarse como una estrategia para modelar otros atributos del árbol o del rodal, tal como área basal, densidad, volumen, biomasa o carbono.

Referencias bibliográficas

Alhijawi, B. and Awajan, A. 2024. Genetic algorithms: Theory, genetic operators, solutions, and applications. Evolutionary Intelligence 17(3):1245-1256. https://doi.org/10.1007/s12065-023-00822-6

Calcagno, V. and de Mazancourt, C. 2010. glmulti: An R package for easy automated model selection with (generalized) linear models. Journal of statistical software 34:1-29. https://doi.org/10.18637/jss.v034.i12

Costa, E. A., Schons, C. T., Finger, C. A. G. and Hess, A. F. 2022. Fitting volume models for parana pine with a nonlinear regression, genetic algorithm and simulated annealing. Journal of Agricultural Science 14(2):36-47. https://doi.org/10.5539/jas.v14n2p36

Monárrez, G. J. C., Márquez, L. M. A., López, H. J. A., Pérez, V. G., Quiñonez, B. G. y García, C. X. 2024. Ecuaciones de volumen fustal-total y ahusamiento para especies maderables del ecosistema templado en Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 15(84):4-28. https://doi.org/10.29298/rmcf.v15i84.1440

Tamarit-Urias, J. C., Quiñonez-Barraza, G. y Monárrez-González, J. C. 2025. Aplicación de algoritmo genético como herramienta de inteligencia artificial para construir modelos de volumen fustal. Abstraction & Application 49:1-16. https://abstractionandapplication.com/index.php/ojs/article/view/50/41

RELACIÓN ALTURA TOTAL-DIÁMETRO NORMAL PARA *Pinus montezumae* Lamb. EN MICHOACÁN ESTIMADA A TRAVÉS DE MÍNIMOS CUADRADOS NO LINEALES Y RANDOM FOREST

Jonathan Hernández-Ramos[1*], Casimiro Ordóñez-Prado[2], Rubén Barrera-Ramírez[3], Adrián Hernández-Ramos[4], y Enrique Buendía-Rodríguez[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya San Miguel de Allende km 6.5, 38010 Celaya, Gto., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, 74100 Santa Rita Tlahuapan, Pue., México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan. Av. Latinoamericana, No. 1101, Colonia Revolución, 60150 Uruapan, Mich., México.
[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coah., México.
[5]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Carretera Texcoco-los Reyes km 13.5, 56250 Texcoco, Edo de Méx., México
*Autor de correspondencia: forestjonathanhdez@gmail.com

Palabras clave: *Alometría, Aprendizaje automatizado, Coníferas, Plantaciones forestales, Aprovechamiento maderable.*

Introducción

La altura total (*At*) es una variable fundamental en los inventarios forestales, tiene un papel importante en la predicción del crecimiento de los árboles, estimación del volumen maderable y biomasa. Sirve para estimar longitudes comerciales y es esencial para prácticas de gestión forestal sostenible (Pellat *et al.,* 2021). Sin embargo, la medición en campo de esta variable suele ser complicada y tardada, sobre todo en rodales de alta densidad, donde se dificulta visualizar el ápice del árbol y en condiciones topográficas de difícil acceso, por lo que, se puede generar un error asociado a la precisión del instrumento y de la persona que realiza la medición. Ante esta situación, una alternativa es la estimación de la *At* mediante la relación alométrica que guarda con el diámetro normal (*d*); medido a 1.3 m de altura). Si bien, existe un amplio grupo de funciones matemáticas de tipo alométrico y de modelos de crecimiento que pueden ajustarse para estimar la *At*, hoy en día hay otros tipos de modelos como los de aprendizaje automatizado tales como Random Forest (RF), Redes Neuronales Artificiales, Máquinas de Soporte Vectorial, entre otros, que pueden generar estimaciones de variables forestales más precisas (Li, 2025). El RF es un algoritmo de regresión basado en árboles de decisión y modelos de aprendizaje supervisado que utilizan una estructura de árbol para representar los distintos escenarios posibles y sus consecuencias; además, combina múltiples árboles lo que mejora la robustez y el rendimiento del modelo (Li, 2025). Para este estudio se evaluó el potencial del algoritmo RF para la estimación de la *At* y se contrasta con la regresión de mínimos cuadrado no lineales (MCNL) asociada a los modelos clásicos.

Materiales y métodos

Con 456 pares de datos *At-d* provenientes de árboles de *Pinus montezumae* seleccionados aleatoriamente en plantaciones forestales maderables en las Comunidades Indígenas de Nuevo San Juan Parangaricutiro y Patamban, Michoacán, se ajustaron en el programa R® con MCNL los modelos de crecimiento de Chapman-Richards (1), Weibull (2), Logístico (3) y Shumacher-Hall (4) (Bacca-Acosta *et al.,* 2023); mediante validación cruzada con cinco iteraciones con diez particiones independientes se entrenó un modelo RF no lineal (Xu *et al.,* 2024). Para evaluar su desempeño, se utilizaron los valores de la raíz del cuadrado medio del error (RCME), error medio absoluto (EMA) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2) (Hernández-Ramos *et al.,* 2020).
Para el proceso de validación de los modelos ajustados se utilizaron 195 datos *At-d*, independientes al ajuste, a través de los estadísticos mencionados (RCME, EMA y R^2), además, se graficó la distribución de los errores de estimación. Mediante una validación simple del enfoque estadístico más preciso con 250 simulaciones, se determinó la distribución del error de validación simple, a través del valor de la raíz del cuadrado medio del error (RCME).

Resultados y discusión

Los valores en los estadísticos de evaluación del desempeño de los modelos (Figura 1a) indican que el enfoque de Random Forest (RF) es el que describe de mejor manera la variabilidad muestral de la relación alométrica *At-d* (R^2=0.775) con menores valores de sesgo (RCME=1.7077 y MAE=1.2717). Las tendencias de las estimaciones de los modelos ajustados en general se apegan a los datos observados, sin embargo, se identifica que el modelo de Schumacher tiene problemas de predicción y la expresión Logística es el más conservador (Figura 1b), no obstante, ninguno de las estructuras clásicas tiene la capacidad de ser flexible a la distribución de la información observada como lo hace RF.

El ajuste RF por ser el mejor, se validó con la información independiente en donde se obtuvieron valores de RCME= 1.6305, EMA=1.2189 y R^2=0.766; y una distribución del error de predicción en forma de campana de Gauss que es lo deseable (Figura 1c). La validación simple a través de la simulación de 200 iteraciones señala una distribución del error alrededor de cero y un valor en la RCME entre 1.4 a 1.8 m (Figura 1d).

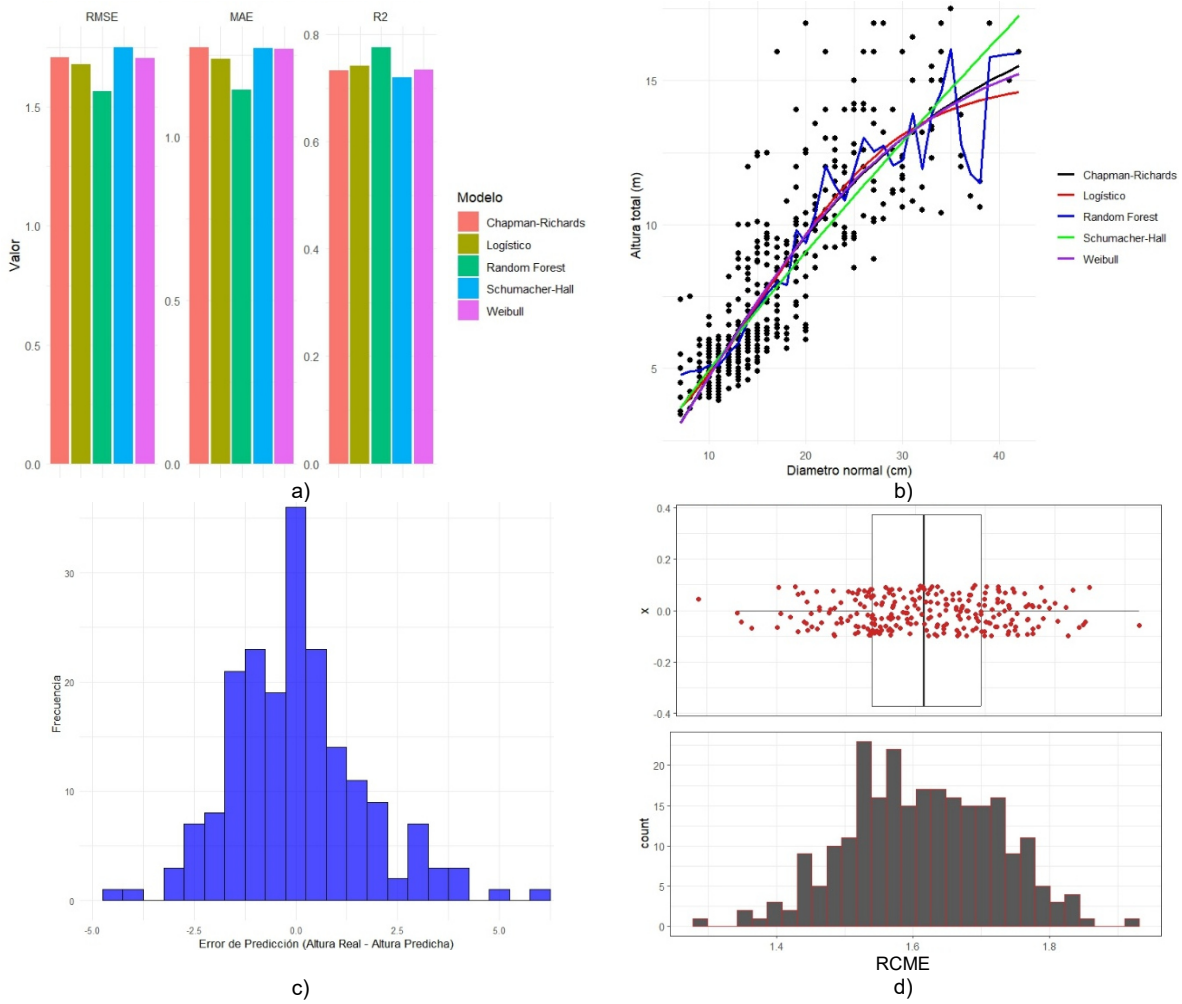


Figura 1. a) Valores de la raíz del cuadrado medio del error (RCME), error medio absoluto (EMA) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2) de cada ajuste estadístico. b) Tendencia de las estimaciones altura total (*At*) en función del diámetro normal (*d*). c) Distribución del error de predicción de datos independientes. d) Error y valor de la RCME de la validación simple a través de la simulación de 200 iteraciones.

Aun cuando se obtienen resultados satisfactorios al modelar la relación alométrica *At-d* con los métodos tradicionales (Bacca-Acosta *et al.,* 2023) y se puede generalizar esta relación para ampliar su aplicabilidad al incluir variables inherentes a la población o sitio para explicarla (Hernández-Ramos *et al*., 2020); el enfoque de

análisis RF mejora las predicciones *At-d* debido las distintas rutas o estrategias que utiliza para estimar el valor de *At* en función del *d*, tal y como lo señalan Xu *et al*. (2024).

Conclusiones

El algoritmo de aprendizaje automático Random Forests (RF) mostró alta eficiencia para la estimación de la altura total de árboles de *Pinus montezumae* (R^2=0.775) de acuerdo con los valores de los valores de la raíz del cuadrado medio del error, error medio absoluto y el coeficiente de determinación ajustado (R^2), por lo que, este algoritmo se suma a los modelos clásicos que relacionan la altura total con el diámetro normal en plantaciones forestales maderables.

La validación estadística simple y las simulaciones de aprendizaje automatizado mostraron que el enfoque de RF puede ser empleado de manera satisfactoria por el usuario en las comunidades indígenas de San Juan Nuevo y Patamban, Mich., México.

Agradecimientos y fuente financiera

A las autoridades comunales de la comunidad Indígena de Patamban, Tangancícuaro, Michoacán por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias por financiamiento del proyecto con número: 12202035967.

Referencias bibliográficas

Bacca-Acosta, P. P., Obando-Enriquez, B. G., Lerma-Lasso, J. L., Ortega-Cepeda, M. C., Palacio, M. R. and Zuluaga-Peláez, J. J. 2023. Allometric model for height estimation of *Alnus acuminata* Kunth in agroecological zones of the high Andean tropics. Revista de Ciencias Agrícolas 40(2):e2209.

Li, M., Li, Z., Liu, Q. and Chen, E. 2025. Growing stock volume estimation in forest plantations using unmanned aerial vehicle stereo photogrammetry and machine learning algorithms. Forests 16(4), 663.

Hernández-Ramos, J., Avilés-Castillo A., García-Magaña, J. J., Hernández-Ramos, A., García-Cuevas X., y Flores-López, C. 2020. Ecuaciones locales y generalizadas de altura-diámetro para *Pinus patula* Schl. et Cham. en Veracruz, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 7(3), e2457.

Pellat, F., Velazquez-Rodriguez, A. S., Sánchez-Sánchez, C., Salas-Aguilar, V. M., González, J. M., Mireles, M. A. y Nájera, L. J. A. 2021. Alometría generalizada para la estimación de la biomasa aérea total de plantas leñosas: marco teórico general y aplicaciones. Madera y Bosques 7(4), e2742442.

Xu, Q., Yang, F., Hu, S., He, X. and Hong, Y. 2024. Tree height–diameter model of natural coniferous and broad-leaved mixed forests based on random forest method and nonlinear mixed-effects method in Jilin Province, China. Forests 15(11), 1922.

CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ASERRÍN DE GUAMÚCHIL (*Pithecellobium dulce*) PARA SU USO COMO SUSTRATO

Erickson Basave-Villalobos[1]*y Celi Gloria Calixto-Valencia[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana, carretera Durango-El Mezquital Km 4.5, Durango, Durango, C. P. 34170, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala, carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Tuxpan, Iguala de la Independencia, C.P. 40000, México.
*Autor para correspondencia: basave.erickson@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Materiales orgánicos*, *Mezclas*, *Perlita*, *Residuos*, *Turba*.

Introducción

En la producción de planta forestal en vivero, la selección adecuada del sustrato es esencial para producir planta de calidad, pues el crecimiento y desarrollo de las plantas depende estrechamente de las condiciones del medio de cultivo, más cuando se usan contenedores, en donde el volumen del medio de crecimiento, de donde la planta absorbe agua, nutrientes y oxígeno, es más reducido comparado con el volumen disponible para las plantas cuando crecen en el suelo (Abad *et al*., 2004).

En los viveros forestales existe un interés por emplear nuevos materiales como sustratos o componentes de estos para sustituir o reducir el uso de los comúnmente utilizados como la turba de musgo *Spagnum* o “peat moss”, perlita y vermiculita. Esto obedece mayormente a cuestiones de tipo económico porque el precio y el suministro de los materiales antes referidos suelen dificultar la eficacia y rentabilidad de la producción, especialmente para los viveristas que producen a pequeña escala en lugares remotos y en sistemas poco tecnificados. Sin embargo, el empleo de materiales alternativos suele presentar problemas de tipo técnico, relacionados con su manejo. Para preparar y usar un determinado sustrato debe considerarse el ambiente en el sistema de producción, clima de la zona, especie cultivada, método de riego y la finalidad, ya que las características del sustrato variarán si su uso es para semilleros, crecimiento y desarrollo o el enraizamiento de estacas.

En el estudio de viveros, mucha de la investigación se ha centrado en identificar el sustrato y las condiciones de cultivo óptimas para múltiples especies forestales. Existen avances importantes en la materia, pero aún persiste un vacío de conocimiento en torno a reconocer la aptitud de diversos materiales para ser utilizados como medios de cultivo, especialmente los de disponibilidad local.

Los materiales orgánicos, residuos o subproductos de actividades de producción y consumo, son los preferidos para utilizarse como sustratos alternativos y en muchos casos sustitutivos de la turba. Hay un fuerte interés por aprovecharlos porque muchos de estos materiales son desechados y carecen de valor agregado al no disponer de un uso posterior. Ejemplo de este tipo de materiales son los desechos que proceden de la industria de la madera (aserrín, virutas o cortezas).

En lo que respecta al presente estudio, se tiene interés por analizar la factibilidad del uso del aserrín del guamúchil como sustrato para producir planta forestal de especies del trópico seco. El guamúchil es el nombre común del árbol de *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Esta especie es una leguminosa arbórea tropical nativa en México y con distribución natural en otras áreas del trópico seco de Centroamérica y Sudamérica. En México, por ejemplo, se tiene registro de su uso maderable para la elaboración de artesanías. Los artesanos terminan acumulando los residuos en sus áreas de trabajo representando un problema operativo. Esto plantea una oportunidad para buscar un uso alternativo de estos residuos, por lo que se propone utilizarse como sustrato para producir planta en vivero para los actuales programas de fomento ambiental como *Sembrando Vida*.

En ese sentido, Abad *et al*. (2004) proponen que la caracterización de las propiedades físicas, fisicoquímicas, químicas y biológicas es la primera etapa para la evaluación agronómica de los sustratos que permite el estudio crítico de sus propiedades, lo que en consecuencia determinará el manejo posterior. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es caracterizar varias propiedades físicas y químicas del aserrín de guamúchil para analizar la factibilidad de su uso para producir planta forestal en vivero.

Materiales y métodos

Se estudiaron las propiedades físicas y químicas de nueve muestras de dicho material combinadas con turba, perlita y vermiculita en diferentes proporciones. Se definieron tres mezclas con el aserrín, que fueron los tratamientos evaluados en la presente investigación. Primero se formuló la mezcla control (M_0), que consistió en 60% de turba, 30% de perlita y 10% de vermiculita. Esta mezcla se considera mezcla base (MB) por ser la que más se utiliza para producir planta forestal en contenedor utilizando materiales comerciales. La segunda mezcla (M_1) se elaboró con 25% de aserrín + 75% de la mezcla base; la tercera (M_2) con 50% de aserrín + 50% de MB; la cuarta(M_3) con 75% de aserrín + 25 de MB. Cada tratamiento se analizó por triplicado. De la MB se utilizaron los datos reportados en la literatura para conocer sus características y utilizar estos valores como referencia. En el cuadro 1 se señalan las propiedades analizadas y la técnica empleada.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas analizadas en las mezclas de los sustratos compuestos por aserrín de guamúchil.

Propiedad	**Técnica de análisis**
pH y Conductividad eléctrica (CE; *dS m*$^{-1}$)	Potenciometría
Cenizas (%)	Calcinación/gravimetría
Materia orgánica total (%)	
Nutrientes asimilables (*mg L*$^{-1}$)	
$N\text{-}NO_3^-$	Nitración/UV visible
P	Espectrometría por UV visible
K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe, Mn, Mo, Zn, Cu, B	Espectrometría por ICP-OES
Densidad aparente (*g cm*$^{-3}$)	Gravimetría
Espacio poroso total (*% vol.*)	
Capacidad de aireación (*% vol.*)	
Agua fácilmente disponible (*% vol.*)	
Agua de reserva (*% vol.*)	Curva de liberación de agua (De Boodt *et al*., 1974)
Agua totalmente disponible (*% vol.*)	
Agua difícilmente disponible (*% vol.*)	
Capacidad de retención de agua (*mL/L*)	

Para definir diferencias estadísticas entre las mezclas con aserrín se hizo un análisis de varianza con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y la subsecuente comparación por pares, en casos requeridos, utilizando un nivel de significancia de 0.05. La comparación con los valores de referencia fue con estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Entre las mezclas se tuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en CE, N, P, K, Mg, materia orgánica, cenizas y espacio poroso total. Con relación a la mezcla base, la CE de las mezclas de aserrín fue mayor y lo mismo sucedió con el espacio poroso total. Las demás propiedades que difirieron estadística no pudieron compararse porque no se tuvieron los datos de referencia, pero se encontró que la mayoría de las propiedades coincidieron con los valores óptimos de los sustratos reportados en la literatura tanto para especies de interés agronómico como forestal (Abad *et al*., 1993 y 2004). Así que el aserrín de guamúchil tiene potencial para emplearse en la producción de planta en vivero. Entre las mezclas destacó la M_2 por presentar las proporciones más altas de agua fácilmente disponible y de reserva, así como agua total disponible y la respectiva capacidad de retención de agua más alta, aunado a un valor más bajo de agua difícilmente disponible (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores promedio ± desviación estándar de las propiedades físicas y químicas analizadas en las mezclas de los sustratos compuestos por aserrín de guamúchil.

Propiedad	Valor *P*	Mezcla			
		M_0	M_1	M_2	M_3
pH	0.51	3.87	6.18±0.15	6.20±0.12	6.36±0.20
Conductividad eléctrica (*dS m*$^{-1}$)	0.04	1.13	1.51±0.09	1.61±0.07	1.74±0.13
Cenizas (%)	0.01	n.r.*	35.00±4.03	26.50±2.23	21.60±3.75
Materia orgánica total (%)	0.00		65.00±4.03	73.53±2.25	78.43±3.70
Nutrientes asimilables (*mg L*$^{-1}$)					
$N\text{-}NO_3^-$	0.02	n.r.	35.98±0.87	33.74±1.15	31.03±2.82

Propiedad	Valor *P*	Mezcla			
		M_0	M_1	M_2	M_3
$P\text{-}PO_4$	0.00		79.91±1.89	63.91±5.58	41.19±2.75
K^+	0.00		146.88±11.45	179.46±14.88	198.62±17.03
Ca^{2+}	0.81		89.64±4.75	92.85±7.77	94.72±9.28
Mg^{2+}	0.00		68.78±2.13	65.91±1.83	51.73±4.10
Fe	0.77		1.01±0.36	1.04±0.28	1.16±0.48
Mn	0.19		0.46±0.05	0.63±0.20	0.61±0.17
Zn	0.19		0.06±0.01	0.08±0.02	0.08±0.01
Cu	0.91		0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
B	0.99		0.05±0.02	0.05±0.01	0.05±0.00
Densidad aparente (*g* cm^{-3})	0.99	0.15	0.14±0.01	0.15±0.01	0.14±0.01
Espacio poroso total (*% vol.*)	0.00	84	94.10±0.82	92.00±0.53	91.07±0.32
Capacidad de aireación (*% vol.*)	0.48	30	35.90±7.99	33.10±11.17	42.60±4.80
Agua fácilmente disponible (*% vol.*)	0.19	17.7	19.97±7.37	28.53±6.70	17.10±6.31
Agua de reserva (*% vol.*)	0.12	10.3	4.64±0.50	6.09±3.41	2.91±0.98
Agua totalmente disponible (*% vol.*)	0.16	n.r.	24.60±7.28	34.60±9.79	19.97±7.07
Agua difícilmente disponible(*% vol.*)	0.17	26	33.60±9.54	24.27±4.85	28.47±3.49
Capacidad de retención de agua (*mL/L*)	0.48	n.r.	581.67±81.13	588.67±110.55	484.33±45.35

M_0 = Mezcla testigo, valores de referencia reportados por Sánchez-Córdoba *et al*., 2008; M_1 = 25% de aserrín + 75% de la mezcla base; M_2= 50% de aserrín + 50% de MB; M_3 75% de aserrín + 25 de MB. MB= 60% de turba, 30% de perlita y 10% de vermiculita. *n.r.= datos no reportados. Valores *P* según Kruskal-Wallis (α=0.05).

Conclusiones

El aserrín de guamúchil combinado con la mezcla base presenta propiedades físicas y químicas adecuadas que sugieren su aptitud para utilizarse como componente alternativo de los sustratos para producir plantas forestales. Se recomienda continuar con ensayos de crecimiento vegetal.

Referencias bibliográficas

Abad, M., Martínez, P. F., Martínez, M. D. y Martínez, J. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. Acta Horticulturae 11:141-154.

Abad, M., Noguera, P. y Carrión, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In*: M. Urrestarazu G. (Ed.), Tratado de cultivo sin suelo (3ª ed., pp. 113-158). Mundi-Prensa, Madrid.

De Boodt, M., Verdonck, O. and Cappaert, I. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37:2054-2063.

Sánchez-Córdova, T., Aldrete, A., Cetina-Alcalá, V. M., y López-Upton, J. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. Madera y Bosques 14(2):41-49.

ZONIFICACIÓN DE SOBREVIVENCIAS DE PLANTAS DE PINOS MEXICANOS

Andrés Flores[1]*, Jorge Méndez-González[2], Tomás Pineda-Ojeda[3], Enrique Buendía-Rodríguez[3] y Eulogio Flores-Ayala[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Progreso 5, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, México.
[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento Forestal, Calle Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, Km. 13.5 Carr. Los Reyes-Texcoco, C. P. 56250, Coatlinchán, Texcoco, Edo Méx, México.
*Autor de correspondencia: flores.andres@inifap.gob.mx

Palabras Clave: *Abies; Callitropis; Conafor; Pinus; Taxidium*.

Introducción

La sobrevivencia de plantas de coníferas establecidas en campo está condicionada por diferentes factores, como son la calidad morfológica y fisiológica de la planta, el sistema de producción y manejo en vivero, las reservas nutricionales de las plantas, la tolerancia a la sequía, el manejo de las especies durante su transporte, el método de plantación y las condiciones de suelo y clima en las que se establecerán las plantas. Sobre este último aspecto, es necesario desarrollar mayores investigaciones con el fin de apoyar el porcentaje de éxito de las reforestaciones que se realizan anualmente.

Por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se ha realizado la zonificación de los terrenos forestales para definir su producción y niveles de degradación, así como para determinar los límites en los cuales puede ser movido el germoplasma. No obstante, no se registra la zonificación que muestre los porcentajes de sobrevivencia de especies de pinos que pueden obtener posterior a su establecimiento en campo.

Por lo anterior, se plantearon como objetivos para este trabajo: i) determinar la zonificación de los porcentajes de sobrevivencias de plantas de pinos mexicanos que son posibles obtener posterior a su establecimiento en campo y ii) estimar los porcentajes promedios de sobrevivencia de las coníferas de estudio. Se considera que los resultados de la investigación serán una herramienta que se empleé durante la planeación de los trabajos de reforestación en el país.

Materiales y métodos

Con base en datos de la CONAFOR (2019), se definieron las especies de las coníferas más producidas en viveros y los promedios totales de plantas reforestadas de 2016 a 2018. Estos datos se conformaron de los programas de reforestación y conservación a nivel nacional.

Para determinar la zonificación de sobrevivencias, se empleó la delimitación que hizo la CONAFOR (2016) sobre zonas de movimiento de germoplasma (ZMG), las cuales muestran los límites de áreas con características ecológicas y climáticas similares que albergan poblaciones con genotipos y fenotipos relativamente uniformes. Dentro de las zonas, se determinó la distribución de las especies con base en los datos geográficos de las parcelas del Inventario Nacional Forestal y de Suelo (INFyS, 2004-2007), su representación fue a través del programa QGIS (http://qgis.osgeo.org) (QGIS Development Team, 2015). En cada ZMG, donde se distribuyen las especies estudiadas, se definieron los porcentajes promedios de sobrevivencia de plantas con base en los valores registrados por la Conafor (2010). Asimismo, para cada especie se estimó su porcentaje de sobrevivencia.

Resultados y discusión

Especies de coníferas. Los resultados mostraron que Pinus, Abies, Callitropsis, Cupressus y Taxodium fueron los principales géneros empleados en viveros del 2016 al 2018. En el género Pinus se emplearon 21 especies mientras que en Abies, Callitropsis, Cupressus y Taxodium una para cada género. El género Pinus fue el más producido con 99.37% (112 722 060 plantas), después Abies, 0.61% (697 533 plantas), Callitropsis, 0.01% (11 667 plantas), Taxodium, 0.01% (8 000 plantas) y Cupressus, > 0.01% (313 plantas). En pinos, siete especies sumaron 76.36% (Pinus cembroides Zucc., P. pseudostrobus Lindl., P. oocarpa Schiede ex Schltdl., P. devoniana

Lindl., P. engelmannii Carrière, P. montezumae Lamb. y P. greggii Engelm) de la producción total (Cuadro 1) y fueron los más empleados durante la reforestación de diversas áreas.

Cuadro 1. Promedio de plantas coníferas producidas en vivero de 2016 a 2018.

Especies	Núm. de plantas
Pinus cembroides Zucc.	20 876 203
P. pseudostrobus Lindl.	17 004 869
P. oocarpa Schiede ex Schltdl.	13 436 040
P. devoniana Lindl.	11 514 063
P. engelmannii Carrière	9 553 858
P. montezumae Lamb.	9 254 632
P. greggii Engelm.	8 380 605
P. hartwegii Lindl.	3 856 422
P. patula Schiede ex Schltdl. *et* Cham.	3 786 616
P. arizonica (Engelm.) Shaw	3 389 293
P. douglasiana Martínez	2 641 236
P. teocote Schiede ex Schltdl. *et* Cham.	2 139 571
P. ayacahuite Ehrenb. ex Schltdl.	2 113 442
P. leiophylla Schiede ex Schltdl. *et* Cham.	1 969 384
P. durangensis Martínez	1 540 114
Abies religiosa (Kunth) Schltdl. *et* Cham.	697 533
P. lawsonii Roezl ex Gordon	538 000
P. chiapensis (Martínez) Andresen	514 046
P. maximinoi H. E. Moore	150 000
P. jeffreyi Balf.	56 667
Callitropsis arizonica (Greene) D. P. Little	11 667
Taxodium mucronatum Ten.	8 000
P. maximartinezii Rzed.	5 000
P. quadrifolia Parl. ex Sudw.	2 000
Cupressus sempervirens L.	313
Total	**113 442 908**

Zonificación de sobrevivencias. Las especies determinadas se distribuyen en 27 ZMG y en las cuales hubo diferentes porcentajes de sobrevivencia estimados. Al respecto, los porcentajes promedios de sobrevivencia de plantas por ZMG mostraron diez zonas con valores de 60.38 a 74.95%; ocho de 46.99 a 58.55%; cinco de 34.81 a 37.55%; y cuatro de 11.85 a 14.72% (Figura 1).

Sobrevivencia de especies.Con respecto a la sobrevivencia promedio de las especies, *P. maximartinezii* y *P lawsonii* tuvieron los mayores porcentajes, 78.52% y 74.95%, respectivamente; mientras que *P. jeffreyi*, *C. forbesii* y *P. quadrifolia* tuvieron los menores valores: 11.85% en las tres especies. El resto de las especies variaron de 67.90 a 21.71% de sobrevivencia: *P. teocote* 67.90%, *T. mucronatum* 67.76%, *P. leiophylla* 67.71%, *A. religiosa* 65.77%, *P. hartwegii* 64.75%, *P. cembroides* 63.87%, *P. montezumae* 61.99%, *P. patula* 60.44%, *P. greggii* 60.08%, *P. douglasiana* 59.30%, *P. pseudostrobus* 58.28%, *P. devoniana* 55.60%, *C. arizonica* 55.15%, *P. chiapensis* 53.20%, *P. ayacahuite* 51.94%, *P. arizonica* 49.58%, *P. durangensis* 49.09%, *P. oocarpa* 48.13%, *C. sempervirens* 41.58%, *P. engelmannii* 36.48%, *P. maximinoi* 21.71.

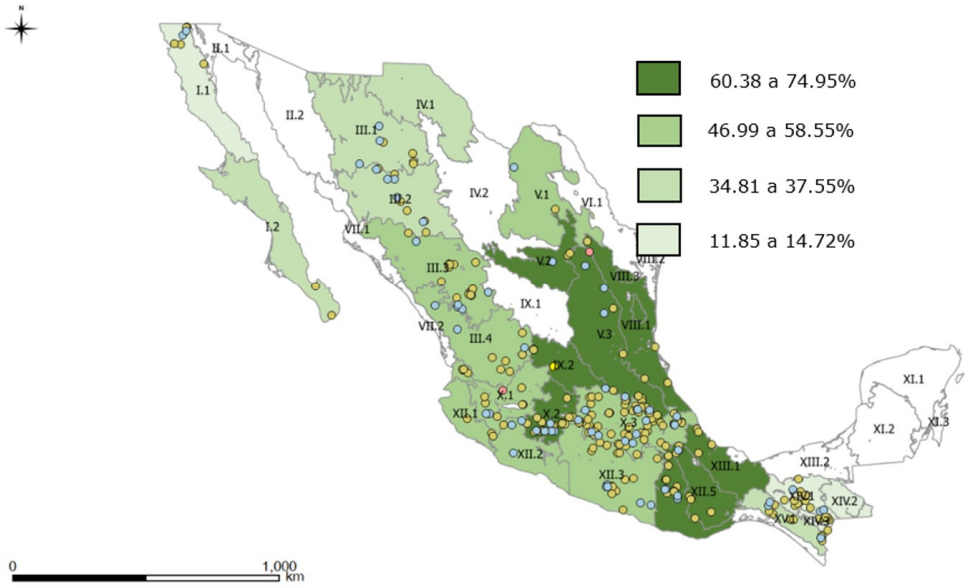


Figura 1. Zonificación de porcentajes de sobrevivencia de plantas (colores verdes).

Conclusiones

Las especies de los géneros de Pinus, Abies, Callitropsis, Cupressus y Taxodium se distribuyen de forma distinta en 27 ZMG y presentan variaciones en sus porcentajes promedio de sobrevivencia. Los pinos son los que más se producen en viveros en el país con 21 especies, seguido del resto de los géneros. Los porcentajes promedio de sobrevivencia de las ZMG difieren entre ellas en un rango de 11.85 a 74.95%. Las especies con mayor porcentaje promedio de sobrevivencia fueron P. maximartinezii y P lawsonii con 78.52% y 74.95%, respectivamente, y las de menor porcentaje fueron P. jeffreyi, C. forbesii y P. quadrifolia con 11.85% en las tres especies.

Referencias bibliográficas

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/portal/component/phocadownload/category/41-reforestacion-sanidad-suelos?download=217:resumen-ejecutivo-reforestacion (16 de agosto de 2019).

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2016. Manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal. CONAFOR. Zapopan, Jalisco, México. 71 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2019. Estadísticas del Programa Nacional de Reforestación. https://datos.gob.mx/busca/organization/conafor (12 de junio de 2019).

QGIS Development Team. 2015. QGIS Geographic Information System (v 2.8.7). Open Source Geospatial Foundation Project. Beaverton, OR, USA. n/p.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la CONAFOR por proporcionar los datos e información citada en el documento.

INDUCCIÓN FLORAL CON APLICACIÓN DE GIBERELINAS EN PLANTACIONES DE ÁRBOLES DE NAVIDAD

Liliana Muñoz Gutiérrez[1]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, México.
Autor para correspondencia: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Ácido giberélico, Anillado en el tronco, Estructuras reproductivas*.

Introducción

Existe una creciente demanda de semillas para la producción de plantas y establecimiento de plantaciones comerciales de árboles de Navidad. A pesar de que se han hecho esfuerzos por reproducirla por estaca y mini estaca con diferentes porcentajes de éxito (entre 40 y 60%); la forma más común es por semilla. La mayoría de las poblaciones, particularmente las de la región central del país, ocupan superficies pequeñas, fragmentadas y discontinuas, con un alto nivel de aislamiento, altos niveles de endogamia y limitado intercambio genético, lo que explica la escasa producción de semillas, problemas de germinación y crecimiento inicial, así como una baja repoblación natural, y bajos porcentajes de supervivencia.

Ante esta problemática, diversos autores han promovido la formación de estructuras reproductivas en diversas especies de coníferas; estas técnicas involucran la aplicación de reguladores de crecimiento, y prácticas culturales como el anillado, podas de raíz, fertilización, entre otras. Estos tratamientos han tenido diferentes niveles de éxito, tanto en la promoción de la floración masculina como femenina; Vargas-Hernández y Vargas-Abonce (2016) mostraron que es posible promover la formación de estructuras reproductivas en clones de *Pinus patula* de 7-8 años de edad, con una combinación de anillado en el tronco y diferentes dosis de $AG_{4/7}$ (1.27 y 2.54 mg/cm^{-2}), los resultados indicaron que incrementó la proporción de injertos con producción de estróbilos femeninos (48%) y estróbilos masculinos (82%). Mientras que Muñoz-Gutiérrez *et al*. (2010), en plantaciones de árboles de Navidad de *P. menziesii* de 10 años de edad y de origen sexual, encontraron que la mejor combinación de tratamientos fueron dosis de 1.27 mg/cm^{-2} de $AG_{4/7}$ y anillado en el tronco, se logró la formación de estróbilos femeninos entre un 37.5 a un 62.5%, y en menor cantidad (menos del 20%) de estróbilos masculinos. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la aplicación de ácido giberélico 4/7 y anillado en el tronco sobre la formación temprana de estructuras reproductivas en árboles de Navidad de *Pseudotsuga menziesii*.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en una plantación de árboles de Navidad de *P. menziesii* de origen sexual, con edad aproximada de 6-7 años, en el predio “El Encanto” (19°54’57’’N 98°11’56’’O) a 2780 msnm, ubicado en la comunidad de Acoculco, en el municipio de Chignahuapan, Puebla.

Se evaluaron dos niveles de anillado en el tronco (con y sin anillado) y tres dosis de $AG_{4/7}$ (0, 1.27 y 2.55 mg/cm^2) diluidas en alcohol etílico al 70% en una concentración base de 30 mg/mL, con seis repeticiones. El anillado consistió en realizar dos cortes en forma de media luna con un serrote, aproximadamente en un 50% de la circunferencia del tronco. El $AG_{4/7}$ se aplicó en un solo evento; en el tronco se hicieron orificios inclinados de 2-3 cm de profundidad; la solución requerida para cada árbol, estuvo en función de la dosis y el área basal, se aplicó con micro-pipeta, después de la aplicación, lo orificios se sellaron con cera.

Al año siguiente de aplicados los tratamientos se determinó el porcentaje de árboles con respuesta a la formación de estróbilos femeninos y masculinos. Previo a los análisis se comprobó el supuesto de normalidad de los datos con la prueba Shapiro Wilks con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Dado que las variables número de estróbilos masculinos y femeninos no se ajustaron a una distribución normal, se realizó la transformación logarítmica de la respuesta $[\log_{10}(x+0.1)]$, lo que permitió contraer la distribución y normalizar los datos; después del análisis las variables fueron re-transformadas a su escala original. Los datos se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental utilizado; se empleó el procedimiento GLM (SAS, 2013). Finalmente, para comparar el porcentaje de árboles con respuesta y el número de estróbilos en los árboles, se realizaron comparaciones de medias con Tukey ($p \leq 0.10$).

Resultados y discusión

Proporción de árboles con estructuras reproductivas. El anillado en el tronco por sí solo no tuvo un efecto sobre la formación de estructuras reproductivas; en cambio, las dosis de $AG_{4/7}$ si tuvieron un efecto importante, con la dosis de 1.27 mg/cm^{-2} la proporción de árboles que formaron estróbilos femeninos fue del 83.3% mientras que con la dosis de 2.55 mg/cm^{-2} el porcentaje fue de 66.7%; la proporción de árboles con respuesta a la formación de estróbilos masculinos fue de 50 y 33.3% con las dosis baja y alta, respectivamente. Por otra parte, la interacción de los factores anillado y dosis (1.27 y 2.55 mg/cm^{-2}) tuvieron un mayor porcentaje de respuesta, entre el 100 y 83.3% en la formación de estróbilos femeninos, y 16.7 y 33.3% para la formación de estróbilos masculinos.

Número de estróbilos femeninos y masculinos por árbol. El número de estróbilos por árbol tuvo un efecto significativo estadísticamente ($p \leq 0.05$) debido a la aplicación de las dosis de $AG_{4/7}$, con mayor respuesta a la formación de estróbilos femeninos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia estadística (p) para el número de estróbilos masculinos y femeninos por árbol, y proporción de árboles que desarrollaron estróbilos.

Fuente de variación	Estróbilos femeninos (♀)		Estróbilos masculinos (♂)	
	♀/árbol	Proporción de árboles ♀	♂/árbol	Proporción de árboles ♂
Anillado (A)	0.429	0.300	0.734	0.420
Dosis (D)	<0.0001	<0.0001	0.179	0.085
A x D	0.776	0.759	0.160	0.520

La aplicación del anillado en el tronco del árbol no tuvo efecto significativo sobre la formación de las estructuras reproductivas, en promedio se formaron 6.3 estróbilos femeninos cuando se anillaron los árboles, por el contrario, con la aplicación del ácido giberélico 4/7 si incrementó la formación de estróbilos femeninos, pero sin diferencias estadísticas entre los dos niveles probados (15.6 y 12.5). el número de estróbilos masculinos es bajo sin diferencias entre los factores probados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto del anillado en el tronco y dosis de $AG_{4/7}$ sobre el número de estróbilos femeninos y masculinos.

Factor		Estróbilos femeninos (♀)	Estróbilos masculinos (♂)
Anillado			
	Con	6.3 a	0.5 a
	Sin	4.1 a	0.6 a
Promedio		5.2	0.5
Dosis de $AG_{4/7}$			
	0	0.0 b	0.0 b
	1.27	15.6 a	0.91 a
	2.55	12.5 a	0.60 a
Promedio		9.4	0.50

La formación de estróbilos femeninos tuvo mayor respuesta a los tratamientos, posiblemente se debe al momento de la aplicación de los tratamientos, generalmente en árboles fenológicamente avanzados en el desarrollo de brotes vegetativos, responden mejor a la formación de estróbilos femeninos, mientras que los masculinos ocurren en árboles menos avanzados. Esto parece indicar que la diferenciación de las estructuras femeninas y masculinas en esta especie ocurre en diferentes etapas de desarrollo de los brotes, como en *Picea engelmannii*, el estrés por sequía y calor aplicado en etapas tempranas del desarrollo de los brotes favoreció la formación de estróbilos masculinos, mientras que en etapas más avanzadas favoreció a los femeninos.

La interacción de los factores tuvo una mayor respuesta a la formación de estróbilos femeninos, una dosis de 2.55 mg cm^{-2} en combinación con el anillado del tronco, logró promover una mayor formación de estróbilos femeninos (Figura 1A), mientras que la mayor respuesta a la formación de estróbilos masculinos fue sin anillado y con una dosis baja de $AG_{4/7}$ (1.27 mg/cm^{-2}) (Figura 1B).

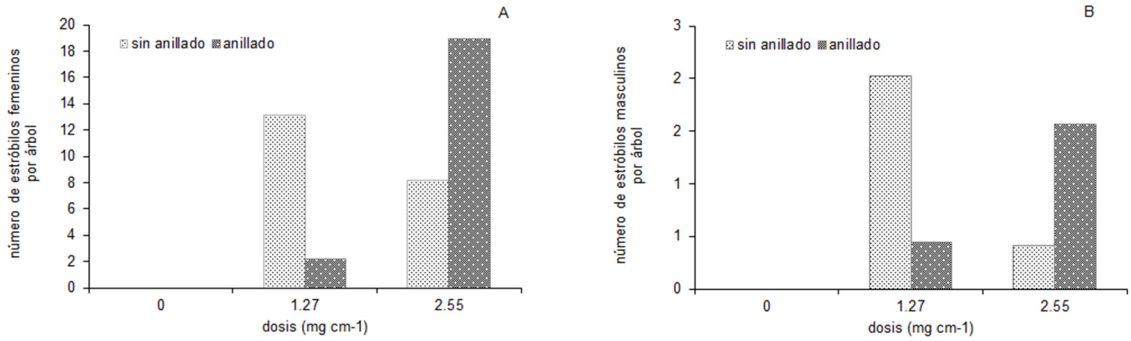


Figura 1. A) Efecto de la interacción anillado X dosis de $AG_{4/7}$ sobre el número de estróbilos femeninos (A) y masculinos (B).

El anillado en el tronco por sí solo no tuvo el efecto esperado, ya que se ha demostrado que el anillado es una práctica efectiva en la formación de estróbilos en especies de *Larix* y *Pseudotsuga* (Cherry *et al*., 2007). Cuando se utilizaron dosis altas de $AG_{4/7}$, el anillado aumentó la producción de estróbilos femeninos, indicando que esta práctica de manejo influye sobre la efectividad del tratamiento hormonal. En *Picea abies* los mejores resultados para formar estróbilos masculinos y femeninos se obtuvieron cuando se aplicó el $AG_{4/7}$ sin anillado; por el contrario, en *Picea sitchensis* el $AG_{4/7}$ combinado con calor y sequía estimuló la formación de ambos tipos de estróbilos y el anillado fue más efectivo cuando se combinó con calor (Philipson, 1992).

Conclusiones

El uso del ácido giberélico ($AG_{4/7}$) es efectivo para promover el desarrollo de estructuras reproductivas en *P. menziesii* con una dosis de 2.55 mg/cm^{-2} y pueden aplicarse estos tratamientos en un programa operativo para la producción de semilla en el corto y mediano plazo. Deben probarse diferentes fechas de aplicación de los tratamientos para lograr promover una mayor formación de estróbilos masculinos.

Referencias bibliográficas

Cherry, M. L., Anekonda, T. S., Albrecht, M. J. and Howe, G. T. 2007. Flower stimulation in young miniaturized seed orchards of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*). Canadian Journal of Forest Research 37(1):1-10.

Muñoz-Gutiérrez, L., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J. y Gutiérrez-Rangel, N. 2010. Inducción de estructuras reproductivas en *Pseudotsuga menziesii.* Agrociencia 44:835-847.

Philipson, J.J. 1992. Optimal conditions for inducing coning of container-grown *Picea sitchensis* grafts: effects of applying different quantities of $GA_{4/7}$, timing and duration of heat and drought treatment, and girdling. Forest Ecology and Management 53:39-52.

SAS (Statistical Analysis Software). 2013. Statistical Analysis Software. Users' Guide Statistics Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary.

Vargas-Hernández, J.J. and Vargas-Abonce, J. I. 2016. Effect of giberellic acid ($GA_{4/7}$) and girdling on induction of reproductive structures in *Pinus patula*. Forest Systems 25(2), e063. https://doi.org/10.5424/fs/2016252-09254

EVALUACIÓN QUÍMICA Y ENERGÉTICA DE BIOCOMBUSTIBLES DENSIFICADOS DE DOS ESPECIES ARBÓREAS

Faustino Ruiz-Aquino[1]*, José Guadalupe Rutiaga-Quiñones[2], Óscar Francisco Mijangos-Ricárdez[1], Wenceslao Santiago-García[1] y Waldo Santiago-Juárez[1]

[1]Instituto de Estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez, Avenida Universidad S/N, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, C.P. 68725 México
[2]Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Fco. J. Múgica S/N, Col. Felicitas del Rio, Morelia, Michoacán, C. P. 58040, México.
*Autor para correspondencia: ruiz.aquino@unsij.edu.mx

Palabras clave: *Dendroenergía, Componentes químicos, Poder calorífico superior.*

Introducción

Las necesidades del consumo energético y la preservación del medio ambiente han llevado a buscar fuentes de energía renovables. Al respecto, el uso de la madera ha ganado importancia a nivel mundial y ha estimulado una mayor investigación como materia prima esencial en el suministro de energía para muchos sectores en el mundo. La utilización de la madera para fines bioenergéticos, requiere de la evaluación de los componentes químicos de la biomasa, además de una combinación de características como la anatomía de la madera, propiedades físicas, edad, poder calorífico y análisis proximal (Jiménez-Mendoza *et al*., 2023). La composición química de la biomasa utilizada para combustibles es un factor crucial que influye en su eficiencia energética. La madera, como recurso renovable, presenta variaciones en su contenido de celulosa, hemicelulosas y lignina, elementos que determinan su capacidad calorífica y su comportamiento durante la combustión. A medida que la búsqueda de fuentes de energía más limpias se intensifica, el estudio de la composición de la madera se vuelve esencial para desarrollar tecnologías que aprovechen este recurso de manera eficiente y sostenible. Una opción para utilizar la biomasa forestal es transformarla en pellets, un biocombustible sólido que se elabora comprimiendo residuos de madera, como aserrín, virutas o restos provenientes de aserraderos. Estos pellets tienen una forma cilíndrica y un tamaño uniforme, normalmente entre 6 y 8 mm de diámetro, lo que facilita su manipulación, transporte y una combustión eficiente. En los últimos años, este tipo de combustible renovable ha ganado popularidad como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, especialmente en sistemas de calefacción tanto residenciales como industriales, así como en la producción de energía. En los bosques de Ixtlán de Juárez, Oaxaca algunas prácticas silvícolas implementadas han favorecido el establecimiento de coníferas, la madera de pino en su mayoría se destina al aserrío, mientras que la madera de algunas latifoliadas se utiliza para construcción y como biocombustibles en forma de leña y carbón. Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la composición química de la madera de *Arbutus xalapensis* Kunth y *Alnus acuminata* Kunth y las propiedades energéticas de los pellets de estas especies para su utilización como bioenergéticos.

Materiales y métodos

La biomasa se colectó de residuos del aprovechamiento forestal (fuste con corteza), en la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, ubicado a 17° 18’ 16” y 17° 34’ 00” N; 96° 31’ 38” y 96° 20’ 00” O, a una altitud de 2200 a 3100 msnm. Los extractivos totales se determinaron en madera molida con tamaño de partícula de 2.5 mm, en un equipo de extracción Soxhlet, en primer lugar, con una mezcla etanol/tolueno (2:1 v/v) por 4 h y después con etanol por 4 h, en ambos solventes se aseguraron cuatro sifoneos por hora, finalmente se realizó la extracción en agua caliente por 3 h. Con la madera molida libre de extraíbles se determinó el contenido de lignina Klason. El contenido de holocelulosa se determinó con el procedimiento del clorito de sodio acidificado (Fengel y Wegener, 1984). Con un molino de bolas tipo Wiley® se molió madera y se elaboraron pellets en una peletizadora SM que consta de un disco plano con canales de 8 mm de largo y 6 mm de ancho, con una capacidad de producción 200 kg/h. Se realizó el ensayo de durabilidad mecánica de los pellets bajo la metodología de la norma UNE-EN 14961-2 (2011), los pellets se sometieron a golpes controlados mediante la colisión de los pellets entre ellos mismos y contra las paredes de una cámara de ensayo rotatoria.

Para evaluar la densidad a granel de los pellets se llenó un recipiente de volumen conocido con pellets, se pesó el contenido en una balanza analítica ADAM® y se dividió la masa obtenida por el volumen del recipiente. Para obtener la densidad de partícula se determinó la masa de cada pellet y se dividió por el volumen del pellet.
Las propiedades energéticas de los pellets evaluadas fueron el contenido de humedad, la materia volátil, el contenido de ceniza, contenido de carbono fijo y el poder calorífico superior utilizando un calorímetro de chaqueta plana Parr® 1341. Se realizaron tres mediciones de cada parámetro de interés. Para determinar si existen diferencias entre especies por cada componente químico y energético, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS® versión 9.0. Se utilizó un diseño factorial con los factores de especie, componente químico y energético. Se realizó un análisis de comparación medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). La normalidad y homogeneidad de varianzas se verificó mediante la prueba estadística Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente.

Resultados y discusión

Componentes químicos de la madera. Se encontraron diferencias significativas entre los compuestos químicos determinados de las dos especies (Cuadro 1), la madera de *Arbutus xalapensis* mostró una mayor cantidad de extractos totales. La biomasa con alto contenido de lignina y extractivos, promueve un alto rendimiento en la transformación de leña a carbón vegetal y mejora el balance de carbono e hidrógeno durante la combustión. Los extractivos son compuestos de bajo peso molecular, producto de rutas metabólicas secundarias, que pueden ser eliminados de la madera mediante solventes específicos sin comprometer sus propiedades mecánicas, dado que no están incorporados estructuralmente en la matriz de la pared celular.

Cuadro 1. Componentes químicos de la madera de dos especies arbóreas.

Componente	Especies	
	Alnus acuminata	***Arbutus xalapensis***
Extractivos, %	7.93 (0.29) a	20.71 (0.64) b
Lignina, %	28.59 (0.38) a	19.39 (0.45) b
Holocelulosa, %	62.76 (0.25) a	58.88 (0.53) b

Valores entre paréntesis representa la desviación estándar (n=3), valores con letras diferentes en columnas representan diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Los valores reportados de lignina y holocelulosa son con base en el peso anhidro del material libre de extractos.

La cantidad de lignina fue significativamente superior en *Alnus acuminata* ($p<0.05$), la cantidad de lignina de *A. acuminata* puede hacerla adecuada para la producción de energía, debido a que la lignina contribuye al valor calorífico de la madera. El contenido de holocelulosa de *A. acuminata* (62.76%) es menor al 64.01% reportado por Moya *et al*. (2010) para la misma especie de Colombia, estas diferencias pueden estar relacionadas a factores como la edad, las condiciones del árbol, la ubicación geográfica, variables ambientales, métodos de extracción, entre otras. Para las dos especies del presente estudio, la cantidad de holocelulosa se encuentra en el rango (50.0 a 70.6%) reportado por Gutiérrez-Acosta *et al*. (2021).
Propiedades mecánicas y energéticas de los pellet. De acuerdo con la norma UNE-EN 14961-2 (2011), los pellets de las dos especies entran en la categoría A1, ya que cuentan con un contenido de humedad menor a 10% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características mecánicas y energéticas de los pellets.

Indicador	Especies	
	Alnus acuminata	***Arbutus xalapensis***
Contenido de humedad, %	0.36 (0.07) a	0.26 (0.05) a
Densidad de partícula, g cm^{-3}	1.30 (0.05) a	1.29 (0.05) a
Densidad a granel, kg m^{-3}	684.87 (18.31) a	701.39 (16.52) b
Volátiles, %	78.73 (0.62) a	82.26 (1.09) b
Cenizas, %	1.54 (0.23) a	1.48 (0.14) a
Carbono fijo, %	19.73 (0.86) a	16.26 (0.96) b
Durabilidad mecánica, %	99.83 (0.01) a	99.86 (0.02) a
Poder calorífico superior, MJ kg^{-1}	21.81 (0.44) a	21.06 (0.08) b

Valores entre paréntesis representa la desviación estándar (n=3), valores con letras diferentes en columnas representan diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

El contenido de humedad es una propiedad clave como fuente de energía ya que está directamente vinculado con el poder calorífico, transporte y almacenamiento.

Respecto a la densidad de partícula, estadísticamente no hay diferencia entre las especies (Cuadro 2), la densidad de partícula es un factor relevante, debido a que influye en la densidad a granel y comportamiento de combustión del pellet. Para la densidad a granel se encontraron diferencias estadísticas entre las dos especies (Cuadro 2). Los pellets elaborados con estas especies se encuentran dentro de la categoría A1 de la norma UNE-EN 14961-2, con una densidad a granel mayor a 600 kg m3. Esta variable influye en el valor comercial de los pellets, ya que a altas densidades existe una reducción de costos de transporte, manejo y procesamiento del combustible.

La especie que presentó mayor contenido de volátiles fue *Arbutus xalapensis* con 82.26%, mientras *Alnus acuminata* presentó el mayor porcentaje de cenizas y carbono fijo. La materia volátil es la pérdida de masa que ocurre al calentar la biomasa, la combustión de estos volátiles produce una llama brillante, cuyo color y temperatura están determinados por la composición química de la madera. El contenido de carbono fijo se relaciona de manera positiva con la densidad y el poder calorífico, por lo que la biomasa con alto contenido de carbono es ideal para procesos de combustión.

Con relación a la norma UNE-EN 14961-2 la durabilidad mecánica de los pellets de las dos especies se considera de calidad Clase A1, ya que esta norma exige una durabilidad de 97.5%. Estadísticamente no hay diferencia significativa entre los pellets de las dos especies. Respecto al poder calorífico *A. acuminata* fue estadísticamente superior con 21.81 MJ kg^{-1} ($p<0.05$). El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de peso producida, por ello, los pellets de las dos especies tienen potencial para utilizarse como biocombustibles densificados.

Conclusiones

La cantidad de lignina y holocelulosa de las dos especies indican potencial para su uso como biocombustibles. De acuerdo con la norma UNE-EN 14961-2, tomando en cuenta el contenido de humedad, la densidad a granel y la durabilidad mecánica los pellets de las dos especies se encuentran dentro de la categoría A1, es decir, pellets de alta calidad para uso residencial.

Referencias bibliográficas

Fengel, D. and Wegener, G. 1984. Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter, Berlin and New York. 613 pp.

Gutiérrez-Acosta, J. M., Orihuela-Equihua, R., Pintor-Ibarra, L. F., González-Ortega, N., Hernández-Solís, J. J., Ruíz-Aquino, F., Navarrete-García, M. F. and Rutiaga-Quiñones, J. G. 2021. On the basic chemical composition of selected biomass types from four regions of Mexico, for bioenergetic purposes. BioResources 16(3):5694-5705.

Jiménez-Mendoza, M. E., Ruiz-Aquino, F., Aquino-Vásquez, C., Santiago-García, W., Santiago-Juárez, W. y Rutiaga-Quiñones, J. G. 2023. Aprovechamiento de leña en una comunidad de la Sierra Sur de Oaxaca, México. Revista mexicana de ciencias forestales 14(76):22-49.

Moya, R. R., Muñoz, A. F., Salas, G. C., Berrocal, J. A. y Esquivel, S. E. 2010. Jaúl: Alnus acuminata Kunth. Betulaceae. Ficha técnica 2. *In*: Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7:42-56.

UNE-EN 14961-2. 2011. Bicombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: pellets de madera para uso no industrial. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid, España.

ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES HOSPEDEROS ARBÓREOS DE *Psittacanthus schiedeanus* EN XALAPA, VERACRUZ, MEDIANTE REVISIÓN DE LITERATURA Y ENCUESTAS A EXPERTOS

Kevin Pastor Zetina-Basilio[1] y Ricardo Musule-Lagunes[1]*

[1]Universidad Veracruzana. Maestría en Ciencias en Ecología Forestal, Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR), Parque Ecológico el Haya, Antigua Carretera Xalapa-Coatepec, Xalapa, Veracruz 91070, México.
Autor para correspondencia: musuleiq@gmail.com

Palabras clave: *Muérdago, Arbolado urbano, Parasitismo, Parásitos forestales.*

Introducción

A nivel mundial, se reportan alrededor de 4,800 especies de plantas parásitas que se adhieren a las ramas o raíces de sus hospederos. Dentro de las hemiparásitas, que poseen clorofila y realizan fotosíntesis, se encuentran los muérdagos, de los cuales existen cerca de 1,600 especies en el mundo (Ibarra-Laclette *et al*., 2022). En México, se han registrado aproximadamente 131 especies de muérdagos verdaderos de géneros como *Phoradendron*, *Struthanthus* y *Psittacanthus*, que se distribuyen en ambientes tropicales y templados. El género *Psittacanthus*, con aproximadamente 120 especies, se extiende desde México hasta Bolivia y Argentina. En México, unas 11 especies infestan a más de 50 géneros de angiospermas y coníferas (Castillo-Campos *et al*., 2018). Los muérdagos absorben agua, sales minerales y nutrientes de sus hospederos y, en casos de infestación grave, pueden causar su muerte (Cocoletzi *et al*., 2016). Particularmente, el muérdago *Psittacanthus schiedeanus*, parasita a más de 20 especies de árboles, tanto nativos como introducidos. Aunque se ha documentado que *Liquidambar styraciflua* es el hospedero con mayor incidencia en el centro de Veracruz (Ornelas y Vásquez-Aguilar, 2023), no se dispone de un listado específico de los principales árboles hospederos en la ciudad de Xalapa, Ver., México. Conocer los principales hospederos de *P. schiedeanus* es de gran importancia para el manejo del arbolado urbano, permitiendo una mejor toma de decisiones en la planificación y gestión para la conservación de los árboles. Por ello, el objetivo de este trabajo fue identificar a los principales árboles hospederos de *Psittacanthus schiedeanus* en Xalapa, Veracruz, por medio de una revisión sistemática de la literatura y la aplicación de encuestas a expertos.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Xalapa, Veracruz, área caracterizada por una topografía montañosa con elevaciones entre 1120 y 1720 m de altura y un clima templado húmedo con una temperatura promedio anual de 18°C y 1500 mm de precipitación anual. El paisaje urbano cuenta con una gran diversidad de especies leñosas, tanto nativas como introducidas, incluyendo relictos de bosque mesófilo de montaña. Para la identificación de los hospederos arbóreos de *P. schiedeanus*, se combinó una revisión sistemática de literatura con la aplicación de encuestas a expertos. La revisión de literatura consistió en la búsqueda de artículos a través de bases de datos científicas como Scopus, Clarivate y Google Scholar, utilizando las palabras clave "*Psittacanthus schiedeanus*", "Xalapa" y "Host". Se seleccionaron artículos científicos publicados entre 1999 y 2024, priorizando los más recientes. En una segunda etapa, se agruparon los artículos relevantes y se revisaron títulos, resúmenes y palabras clave para filtrar aquellos que no eran de revistas indexadas o que no se habían realizado en la región de Xalapa. Finalmente, se excluyeron los trabajos que no reportaban explícitamente hospederos de *P. schiedeanus*, y se filtraron nuevos artículos citados en las referencias de los trabajos revisados. Posteriormente, se aplicaron encuestas con el fin de recopilar los saberes y conocimiento obtenido por la experiencia de expertos/ especialistas, quienes han trabajado en estudios científicos y el manejo profesional del muérdago *P. schiedeanus* en Xalapa (lo que se comprobó al revisar que cuenten con publicaciones científicas mayoritariamente arbitradas). Para ello, se identificó a dos tipos de actores clave: Investigadores con trayectoria y experiencia en el estudio de *P. schiedeanus* (Tipo 1) y profesionales de la dirección de medio ambiente municipal con experiencia en el manejo del arbolado urbano en Xalapa (Tipo 2). Para los actores Tipo 1, el conjunto de participantes se basó en el número de publicaciones académicas sobre *P. schiedeanus* en la región (al menos un estudio), un mínimo de dos años de experiencia y el alcance de sus investigaciones (número de citas). La invitación y el enlace a la encuesta (Google Forms) se enviaron por correo electrónico. En dicha encuesta, se solicitó a las y los participantes qué especies arbóreas, a lo largo de su experiencia, habían identificado con mayor frecuencia de parasitismo por *P.*

schiedeanus en la región de Xalapa, y se les pidió ordenarlas de mayor a menor. Los actores Tipo 2 (al personal de arbolado urbano con al menos dos años de experiencia), se encuestaron de manera física, priorizando a quienes han estado trabajando directamente en campo. Los datos recopilados de la revisión sistemática y las encuestas con un alcance de 26 participantes (10 de Tipo 1 y 16 de Tipo 2), fueron compilados y organizados para analizar las frecuencias de cada especie hospedera.

Resultados y discusión

Mediante la revisión de literatura se encontró un total de ocho artículos que cumplieron los criterios, la mayoría fueron publicados entre 2012 y 2020, provenientes de instituciones como el Instituto de Ecología (INECOL) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Las especies arbóreas hospederas de *P. schiedeanus* reportadas en la literatura para Xalapa incluyen: *Liquidambar styraciflua, Quercus* sp*, Platanus mexicana, Persea americana, Acacia pennatula, Casuarina equisetifolia, y Citrus maxima*. Se encuestaron 26 participantes: 10 investigadores (Tipo 1) y 16 miembros del personal de arbolado urbano (Tipo 2), con un nivel de experiencia que, en algunos casos, superan los 30 años. Según las encuestas, se observa que *Liquidambar styraciflua* fue el más mencionado, lo cual concuerda con la literatura. Le siguieron *Quercus* sp y *Platanus mexicana*, luego *Persea americana* y *Ligustrum lucidum*. Otras especies mencionadas, aunque con menor frecuencia, incluyeron *Citrus sinensis, Inga inicuil, Grevillea robusta, Ficus* sp*, Leucaena leucocephala, Acacia pennatula, Bauhinia variegata* y *Syzygium paniculatum*. Es importante destacar que géneros como *Ligustrum, Inga, Syzygium* y *Bauhinia* no se encuentran reportados en la literatura para *P. schiedeanus*, pero sí fueron mencionados por los expertos. Con base en la revisión de literatura y las encuestas, las cinco principales especies hospederas arbóreas de *P. schiedeanus* en Xalapa, Veracruz y sus respectivas menciones (encuestas/literatura), son: *Liquidambar styraciflua* (22/6)*, Quercus* sp (12/6), *Platanus mexicana* (11/7), *Persea americana* (10/3) *y Ligustrum lucidum* (9/?).

Los resultados demuestran una considerable convergencia entre el conocimiento de los expertos locales y los reportes científicos disponibles en la literatura. *Liquidambar styraciflua* se considera el hospedero principal y preferencial de *P. schiedeanus*. Su cantidad de reportes tanto en las encuestas como en la literatura, subraya su compatibilidad y la alta prevalencia e intensidad de infección que presenta (Castillo-Campos *et al*., 2018). El género *Quercus* también es reportado frecuentemente en la literatura como hospedero, particularmente *Quercus germana y Quercus leiophylla* (Ornelas y Vásquez-Aguilar, 2023). Sin embargo, la dificultad en la identificación taxonómica de las especies de *Quercus* debido a su hibridación y variaciones morfológicas y químicas presentan un desafío para los estudios ecológicos (Pacheco-Reyes *et al*., 2021). La identificación de las especies de *Quercus* y su relación con *P. schiedeanus* es crucial para comprender los factores que influyen en el parasitismo sobre esta especie. *Platanus mexicana* también figura prominentemente como hospedera en la literatura, destacando la capacidad de *P. schiedeanus* para parasitar a pesar de su muda de corteza (Cocoletzi *et al*., 2016). *Persea americana* y *Ligustrum lucidum* fueron consistentemente mencionadas por los expertos en las encuestas como hospederos importantes. Además, se encontraron géneros no reportados previamente, como *Inga, Syzygium* y *Bauhinia*, lo que indica que también afecta a varias especies exóticas. Esto destaca la importancia de considerar la composición florística urbana al diseñar estrategias de manejo, como reforestación con especies nativas no hospederas. Esta combinación de conocimiento permite validar percepciones, ampliar el conocimiento y orientar las estrategias de monitoreo y control de esta planta parásita en entornos urbanos.

Conclusión

Se encontró que los principales árboles hospederos de *Psittacanthus schiedeanus* en Xalapa, Ver., son *Liquidambar styraciflua*, *Quercus* sp*, Platanus mexicana, Persea americana y Ligustrum lucidum*, siendo los árboles con mayor frecuencia de parasitismo por este muérdago en la región. Además, se encontraron hospederos no reportados, de los géneros *Ligustrum, Inga, Syzygium* y *Bauhinia,* lo que contribuye al listado de árboles susceptibles a la infestación por *P. schiedeanus* en el arbolado urbano de Xalapa.

Referencias bibliográficas

Castillo-Campos, G., Medina-Abreo, M. E., Acevedo-Rosas, R., Castillo-Campos, G., Medina-Abreo, M. E. y Acevedo-Rosas, R. 2018. El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México. Acta Botánica mexicana 124:19-33. https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1278

Cocoletzi, E., Angeles, G., Ceccantini, G., Patrón, A. y Ornelas, J. F. 2016. Bidirectional anatomical effects in a mistletoe–host relationship: *Psittacanthus schiedeanus* mistletoe and its hosts *Liquidambar styraciflua* and *Quercus germana.* American Journal of Botany 103(6):986-997. https://doi.org/10.3732/ajb.1600166

Ibarra-Laclette, E., Venancio-Rodríguez, C. A., Vásquez-Aguilar, A. A., Alonso-Sánchez, A. G., Pérez-Torres, C. A., Villafán, E., Ramírez-Barahona, S., Galicia, S., Sosa, V., Rebollar, E. A., Lara, C., González-Rodríguez, A., Díaz-Fleisher, F. and Ornelas, J. F. 2022. Transcriptional basis for haustorium formation and host establishment in hemiparasitic *Psittacanthus schiedeanus* Mistletoes. Frontiers in Genetics 13:929490. https://doi.org/10.3389/fgene.2022.929490

Ornelas, J. F. y Vásquez-Aguilar, A. A. 2023. Efectos mediados por hospedero en la variación del tamaño de frutos del muérdago hemiparásito *Psittacanthus schiedeanus* (Loranthaceae). Acta Botánica mexicana 130:e2134. https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2134

Pacheco-Reyes, F. C., Wei, L., Pérez-Rodríguez, M. Á., Pacheco-Reyes, F. C., Wei, L. y Pérez-Rodríguez, M. Á. 2021. Análisis filogenético de especies de *Quercus L.* utilizando tres códigos de barras de ADN. Ecosistemas y recursos agropecuarios 8(2):e2831. https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2831

Agradecimientos

Se agradece a todos los expertos que participaron en este estudio, realizado dentro del marco del trabajo de posgrado registrado como proyecto SIREI “Análisis del grado de infestación y severidad del muérdago (*Psittacanthus schiedeanus*) *en Liquidambar styraciflua* en Xalapa, Ver.” (DGI: 36527202481).

ESTIMACIÓN DE CARBONO AÉREO DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN EL COFRE DE PEROTE, VERACRUZ

Héctor Viveros-Viveros[1]*, Odettee Isabel Cadena-Morales[1], Miguel Acosta-Mireles[2], Lázaro Rafael Sánchez-Velásquez[3], Susana Guillen-Rodríguez[1] y Armando Aparicio-Rentería[1]

[1]Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Forestales, Parque Ecológico "El Haya", Colonia Benito Juárez, C.P. 91070, Xalapa, Ver., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. km. 13.5 Carr. Los Reyes-Texcoco, C.P. 56250, Coatlinchán, Texcoco, Edo. de Méx., México.
[3]Universidad Veracruzana, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, Campus para la Cultura, las Artes y el Deporte, Cultura Veracruzana No. 101, Emiliano Zapata, C.P. 91094, Xalapa, Ver., México.
*Autor para correspondencia: heviveros@gmail.com

Palabras clave: *Pino de las alturas*, *Ecuaciones alométricas*, *Diámetro normal*.

Introducción

El carbono es el decimoquinto elemento más abundante en la corteza terrestre, forma parte fundamental en los ciclos biogeoquímicos y cuando se combina con el oxígeno produce moléculas de bióxido de carbono (CO_2), uno de los gases implicados en el efecto invernadero. En los últimos años la concentración de CO_2 en la atmósfera se ha incrementado, como consecuencia de la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso del suelo, lo que ha ocasionado alteraciones en la temperatura del planeta (IPCC, 2014).

Los bosques templados tienen un papel relevante en la mitigación del cambio climático, ya que a nivel mundial son excelentes sumideros de CO_2 al acumularlo en su biomasa. Es por esto que los bosques son ecosistemas clave en el balance global de carbono al absorber casi 30% de las emisiones antropogénicas de CO_2 (FAO, 2013). Por esta razón, los estudios que se realizan para la estimación del carbono aéreo del arbolado son de gran importancia.

Con base en lo antes descrito, el objetivo de la presente investigación fue estimar el carbono aéreo presente en árboles *de Pinus hartwegii* localizados en tres pisos altitudinales en un bosque del Cofre de Perote, Veracruz.

Materiales y métodos

En los pisos altitudinales 3500-3520, 3800-3820 y 4100-4120 msnm, del bosque de P. *hartwegii* distribuidos en la ladera norte del Cofre de Perote, Veracruz, se realizó un muestreo estratificado por conglomerados equivalente al utilizado en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR-SEMARNAT, 2012). En cada piso altitudinal se establecieron tres conglomerados, cada uno estuvo compuesto por cuatro unidades de muestreo de forma circular cuya forma representa una <<Y>> invertida respecto al norte. La unidad de muestreo número uno se ubica en el centro del conglomerado y las unidades de muestreo 2, 3 y 4 son periféricas. El azimut para localizar los sitios dos, tres y cuatro a partir del centro del sitio uno fue de 00°, 120° y 240°, respectivamente. La distancia del sitio de muestreo uno a cada uno de los sitios restantes fue de 45.14 m. Cada sitio de muestreo del conglomerado tuvo un radio de 11.28 m, lo que equivale a una superficie de 400 m2 (Figura 1).

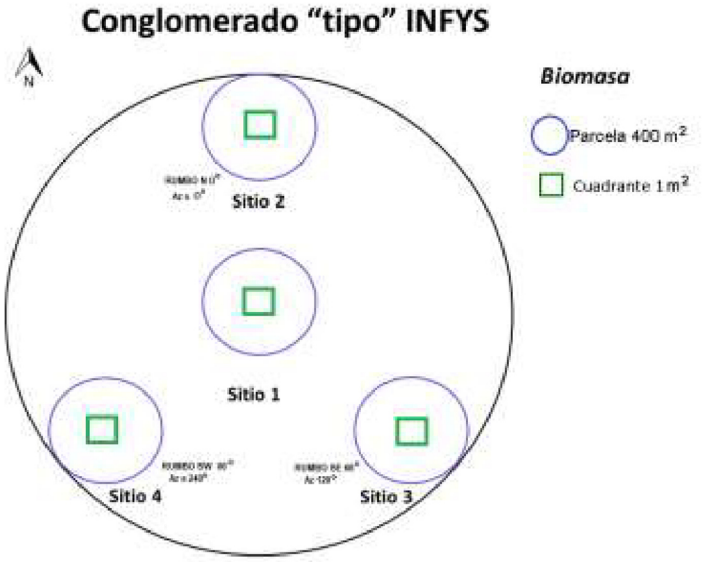


Figura 1. Diseño del conglomerado con sitios circulares para la recolección de información para la estimación de carbono en el bosque de *P. hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz.

Dentro de cada sitio de 400 m2, cada árbol se enumeró y se le midió el diámetro normal (DN; cm), entendiendo a éste como el diámetro del árbol evaluado a 1.30 m de altura, con una cinta diamétrica. Utilizando el ADN se estimó el contenido de carbono en árboles con diámetro normal ≥ 7.5 cm empleando la siguiente ecuación alométrica establecida para la especie (Carrillo-Anzures *et al*., 2016):

$$C = 0.0309DN2^{2.4722}$$

Donde:
C = contenido de carbono
DN = diámetro normal.
Una vez obtenidas las mediciones y las estimaciones se extrapolan en cada sitio de muestreo a una hectárea. Se utilizó el modelo lineal generalizado mediante el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS y la comparación múltiple de medias Tukey para detectar diferencias significativas en el contenido de carbono entre altitudes y conocer el patrón de variación existente.

Resultados y discusión

Se estimó un promedio de carbono almacenado de 47.542 Mg/ha y con una desviación estándar de 32.658 Mg/ha en la biomasa aérea del arbolado de *P. hartwegii* en el Cofre de Perote. En cuanto al carbono almacenado por piso altitudinal, este presentó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.0001$). El contenido promedio de carbono por piso altitudinal fue de 83.23, 48.46 y 7.32 Mg/ha, para los pisos altitudinales de 3500, 3800 y 4100, respectivamente. Por lo que, se observó un patrón de variación altitudinal para el carbono almacenado en los rodales de *P. hartwegii*; éste consistió en que el contenido de carbono disminuyó conforme la altitud del bosque aumentó, es decir a mayor altitud menos carbono almacenado (Figura 2). Esta tendencia coincide con lo reportado en bosques de otras especies forestales con distribución en gradientes altitudinales, por ejemplo, en bosque de *Pinus koraiensis*, de *Picea sp.* y *Abies sp.* en China (Zhu *et al*., 2010). Lo anterior debido a que, a mayor altura, variables climáticas como la temperatura y humedad influyen en la asignación de recursos para la producción de biomasa, dimensiones del arbolado y captura de carbono en el bosque (Zhu *et al*., 2010). También, la densidad de árboles por piso altitudinal tiene una alta influencia, ya que se observó mayor número de árboles en el sitio de menor altitud y menor número de árboles en el sitio de mayor elevación.

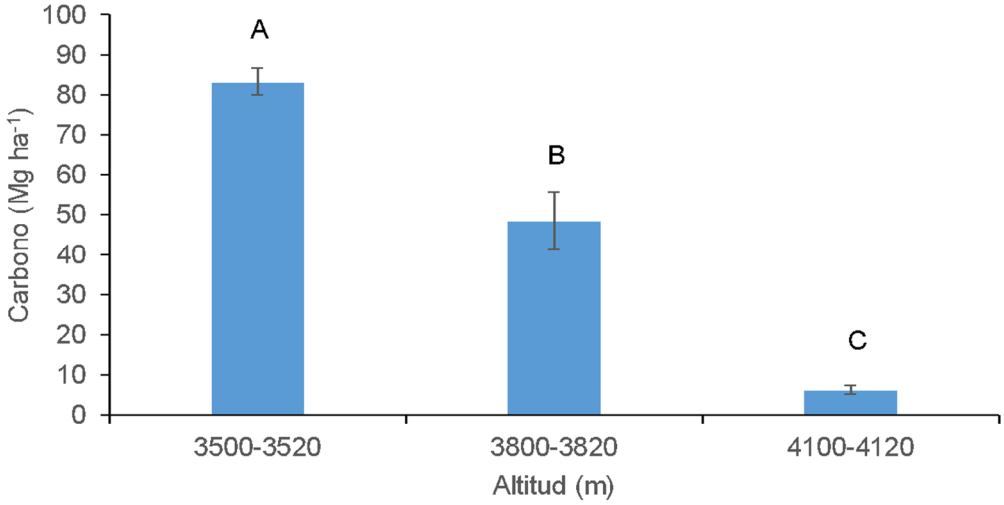


Figura 2. Patrón de variación altitudinal del contenido de carbono en el bosque de *P. hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz.

Conclusiones

La altitud sobre el nivel del mar influyó sobre el contenido de carbono en árboles de *P. hartwegii* al afectar la densidad de arbolado y las dimensiones de los árboles. El sitio de menor altitud presentó mayor contenido de carbono que los sitios de mayor elevación.

Referencias bibliográficas

Carrillo-Anzures F., M. Acosta-Mireles, C. del R. Jiménez-Cruz, L. González-Molina y J. D. Etchevers-Barra. 2016. Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa y el carbono de la parte aérea de *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Ixta-Popo, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(3):681-691.

FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura]. 2013. Directrices Sobre el Cambio Climático para los Gestores Forestales. Estudio FAO Montes No 172. FAO. Roma, Italia. 110 p. https://www.fao.org/4/i3383s/i3383s.pdf

CONAFOR-SEMARNAT [Comisión Nacional Forestal-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2012. Manual y procedimientos para el muestreo de campo, re-muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2012. SEMARNAT. México. 140 p.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. 2014. Cambio climático (2014). Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.). IPCC. Ginebra, Suiza. 157 p.

Zhu, B., X. Wang, J. Fang, S. Piao, H. Shen, S. Zhao and C. Peng. 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China. Journal of Plant Research 123:439-452. https://doi.org/10.1007/s10265-009-0301-1

PRUEBAS *in vitro* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium circinatum* CON *Trichoderma* sp.

Gabriela de Jesús Rivera-González[1*], Alejandro Salinas-Castro[2], María del Carmen Núñez-Camargo[1], Daniel López Lima[1] y Carlos Yair Vásquez-González[1]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana, Centro de Investigación en Micología Aplicada, 91010 Xalapa, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: zs21010587@estudiantes.uv.mx

Palabras clave: *Antagonismo, Hongo fitopatógeno, Forestal.*

Introducción

Los ecosistemas forestales son componentes esenciales de los sistemas biogeoquímicos del planeta, desempeñando un papel primordial en el ciclo del agua mediante la filtración y regulación de los flujos hídricos. Así mismo, actúan como sumideros de carbono, refugio natural de flora y fauna, y se les considera una de las soluciones más relevantes frente al cambio climático.

Fusarium circinatum Nirenberg & O'Donnell es un hongo fitopatógeno que ocasiona daños significativos en especies del género *Pinus*, afectando tanto bosques nativos como plantaciones comerciales. Por ello, se destaca la importancia de implementar un manejo biológico para reducir el uso de fungicidas químicos. En este contexto, se promueve el uso de microorganismos antagonistas, entre estos, cepas del género *Trichoderma* (Elshahawy y Marrez, 2023), capaces de disminuir la presencia del patógeno.

El manejo integrado del cancro resinoso causado por *F. circinatum* es esencial para mitigar su impacto en viveros y plantaciones de *Pinus*, ya que la enfermedad afecta los tejidos meristemáticos, provocando exudación de resina y muerte regresiva. El control biológico mediante hongos antagonistas como *Trichoderma* spp. ha demostrado ser una estrategia eficaz y segura. Estos hongos inhiben a *F. circinatum* mediante mecanismos como micoparasitismo, competencia y producción de metabolitos antifúngicos, reduciendo la incidencia de la enfermedad y promoviendo el crecimiento vegetal. El presente trabajo tiene como objetivo general determinar el efecto antagonista que puede tener *Trichoderma* sp. para el control de la enfermedad cancro resinoso, integrando este agente al manejo sanitario forestal para avanzar hacia sistemas más sostenibles y resilientes frente a patógenos emergentes.

Materiales y métodos

Colecta de material vegetal e identificación de hongos. La colecta de material vegetal se realizó en una plantación forestal de coníferas con presencia de síntomas típicos de cancro resinoso, ubicada en Coxmatla Municipio de Xico, Veracruz (19°25'47.2"N 97°04'45.9"W.). Se recolectaron muestras de semillas, plántulas, cortezas y plantación de árboles maduros afectados. El material vegetal fue transportado en condiciones estériles al laboratorio de Parasitología y Control biológico de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana para su procesamiento.

Las muestras fueron desinfectadas superficialmente con Alcohol al 70%, Hipoclorito de Sodio al 3% y agua destilada estéril; se inocularon en placas con medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar) para el aislamiento de microorganismos asociados. Posteriormente, se identificó la presencia del hongo *F. circinatum* mediante características morfológicas macroscópicas y microscópicas. De la misma plantación también se obtuvo una cepa del género *Trichoderma*, aislada a partir de muestras de la corteza.

Ensayos de antagonismo *in vitro.* Una vez obtenidos ambos aislamientos, se establecieron ensayos de antagonismo *in vitro* en cajas Petri con medio PDA, mediante el método de cultivo dual (Bell, 1982). Se empleó un diseño completamente al azar, el cual constó de cuatro tratamientos con 10 repeticiones cada uno, correspondientes a la confrontación de *Trichoderma* sp. con cuatro cepas distintas de *F. circinatum* (semilla, plántula, plantación y corteza), además de un tratamiento control en el que se evaluó el crecimiento del patógeno en ausencia del agente antagonista.

Los tratamientos fueron evaluados cada 24 horas durante un periodo de cinco días. Se registró el crecimiento radial de ambos hongos y se observó la interacción entre cepas. Los datos obtenidos fueron analizados mediante

análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico InfoStat, versión 2020. Cuando fue necesario, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis del porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de *Trichoderma* sp. sobre *Fusarium circinatum* en condiciones in vitro reveló diferencias notables entre cepas y tiempos de evaluación (Cuadro 1). La cepa procedente de plantación mostró una inhibición temprana y sostenida, alcanzando un 40.82% a las 24 horas y manteniéndose con valores superiores al 30% al quinto día. En contraste, las cepas de plántula y semilla presentaron efectos negativos en las primeras 48 horas, sugiriendo una posible interacción desfavorable inicial; sin embargo, ambas lograron una recuperación progresiva, con inhibiciones superiores al 27% a las 120 horas. La cepa de corteza evidenció una acción lenta pero constante, incrementando su eficacia día con día hasta alcanzar un 28.59% al final del periodo. Estos resultados sugieren que, si bien la cepa nativa de *Trichoderma* puede diferir en su velocidad de acción, muestra potencial inhibitorio acumulativo frente a *F. circinatum* a partir del cuarto día, lo cual es prometedor para su aplicación en estrategias de control biológico.

Cuadro 1.- Porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de *Trichoderma* sp. sobre cepas de *Fusarium circinatum* durante cinco días.

Horas	Plantación (%)	Plántula (%)	Semilla (%)	Corteza (%)
24	40.82	-6.50	-88.67	8.00
48	24.23	1.38	-38.23	4.48
72	27.25	0.43	-1.83	6.20
96	18.37	5.31	13.41	10.97
120	31.12	27.46	29.20	28.59

Nota: El PICR se calculó para cada día con la fórmula: $PICR=((R1-R2)/R2)\times100$. Donde R_1 es el crecimiento radial del testigo (*F. circinatum* sin *Trichoderma*) y R_2 el crecimiento del patógeno en presencia de *Trichoderma* sp.

Los tratamientos con *Trichoderma* sp. tienen medidas significativamente más altas que los de *Fusarium* (Cuadro 2). Esto indica un efecto positivo en crecimiento, por lo tanto, se inhibe el desarrollo de *Fusarium* generando así el control biológico. Las letras A y B indican grupos estadísticamente diferentes según una prueba post-hoc, los*Trichoderma* están en el grupo A: no hay diferencia significativa entre estos y todos los tratamientos con *Fusarium* están en el grupo B: tampoco hay diferencias significativas.

Cuadro 2.- Prueba de comparación de medias de Tukey del tratamiento de *Trichoderma* contra *Fusarium*.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Trichoderma 1	66.20	5	1.88	A
Trichoderma 2	65.92	5	1.88	A
Trichoderma 3	63.96	5	1.88	A
Trichoderma 4	61.18	5	1.88	A
F. corteza	29.28	5	1.88	B
F. semilla	23.86	5	1.88	B
F. plantación	22.80	5	1.88	B
F. plántula	22.56	5	1.88	B

El análisis estadístico (ANOVA y prueba de Tukey, $p \leq 0.05$) confirmaron diferencias significativas entre los tratamientos, respaldando la eficacia de *Trichoderma* como agente de biocontrol. Estos resultados coinciden con estudios previos que documentan el potencial de especies del género *Trichoderma* como antagonistas eficientes frente a patógenos de importancia forestal como *F. circinatum*.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Martínez *et al.* (2012), quienes documentaron un fuerte antagonismo de cepas endófitas de *Trichoderma* frente a *F. circinatum* tanto en *condiciones in vitro* como *in vivo*. La capacidad micoparasítica del género *Trichoderma*, así como su producción de metabolitos antifúngicos, probablemente contribuyó a la inhibición significativa observada en este estudio (García *et al.*, 2019).

La cepa evaluada mostró efectividad frente a aislamientos del patógeno provenientes de distintos órganos (semilla, plántula, corteza y plantación), lo que sugiere una alta versatilidad frente a la variabilidad de *F. circinatum*

(Amaral *et al*., 2019). Esto es relevante operativamente, ya que respalda su uso en distintas etapas del manejo silvícola y en vivero.

Conclusiones

Los resultados preliminares indican que la cepa de *Trichoderma* aislada de corteza presenta actividad antagonista contra *Fusarium circinatum* en condiciones in vitro. Su origen nativo podría favorecer su adaptación local, aunque su efectividad debe validarse en campo. Las diferencias estadísticas entre tratamientos respaldan su potencial, no obstante, se requieren estudios adicionales antes de considerar su aplicación en programas de manejo integrado.

Referencias bibliográficas

Amaral, J., G. Pinto, J. A. Flores P., J. J. Dyez C., A. Cerqueira, P. Monteiro and J. Martyn G. 2019. Effect of *Trichoderma viride* pre-inoculation in pine species with different levels of susceptibility to Fusarium circinatum: physiological and hormonal responses. Plant Pathology, *68*(9):1645-1653.

Bell, D. K. 1982. In Vitro Antagonism of Trichoderma species Against Six Fungal Plant Pathogens. Phytopathology. *72*(4): 379.

Elshahawy, I. E., and D. A. Marrez. 2023. Antagonistic activity of Trichoderma asperellum against Fusarium species, chemical profile and their efficacy for management of Fusarium-root rot disease in dry bean. Pest Management Science. 80(3):1153–1167. doi:10.1002/ps.7846.

García, D. S. E., A. Aldrete, D. Alvarado R., D. Cibrián T.y J. T. Méndez M. 2019. Trichoderma harzianum Rifai as a biocontrol of Fusarium circinatum Nirenberg & O´ Donnell in seedlings of Pinus greggii Engelm. ex Parl. in three substrates. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. *25*(3): 353-367.

Martínez, Á. P., F. M. Alves S, and J. J. Díez C. 2012. In vitro and in vivo interactions between Trichoderma viride and Fusarium circinatum. Silva Fennica. 46(3): 303-316.

PRIMER REGISTRO DE *Dendroctonus valens* (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN *Pinus patula* EN XICO, VERACRUZ

Evelin Guadalupe Tepo-Córdoba[1], David Alarcón-Utrera[1], Guillermo Rodríguez-Rivas[1], Carlos Yair Vásquez-González[1] y Daniel López-Lima[1]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: zs21010500@estudiantes.uv.mx

Palabras clave: *Bosque, Escarabajos, Plagas forestales.*

Introducción

México posee una amplia diversidad de recursos forestales, con una cobertura arbórea de 64 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 33% del territorio nacional (CONAFOR, 2023). Esta superficie forestal sustenta una producción primaria relevante, orientada al aprovechamiento maderable de coníferas y latifoliadas, así como al suministro de productos forestales no maderables. Las áreas forestales desempeñan funciones ecosistémicas clave, como la regulación hidrológica, la protección edáfica, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad, además de su importancia económica. Dentro de estos sistemas, las especies arbóreas forestales del género *Pinus* son de gran relevancia ecológica y comercial. Sin embargo, están expuestas a diversos agentes bióticos que comprometen su salud y productividad.

Los escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) son ampliamente reconocidos por su capacidad de inducir mortalidad masiva en árboles adultos, especialmente bajo condiciones de estrés ambiental o perturbación del hábitat, considerados como plagas primarias, causan daño directo a los árboles y pérdida de la cobertura forestal (Gao *et al.*, 2023).

Dendroctonus valens LeConte es originario de América del Norte y ha sido reportado como especie exótica invasora en distintas regiones del centro y sur de México, incluyendo plantaciones y bosques naturales de *Pinus* spp. Su establecimiento ha generado preocupación debido a su alto potencial reproductivo, capacidad de dispersión y efectos destructivos sobre los tejidos vasculares de los árboles colonizados. Además, esta especie actúa como vector de diversos hongos fitopatógenos, principalmente de los géneros *Fusarium*, *Leptographium* y *Ophiostoma*, los cuales contribuyen a la interrupción del flujo de savia y a la rápida descomposición de los tejidos conductores de xilema (Selikhovkin *et al.*, 2018).

En este contexto, la identificación precisa y oportuna de escarabajos descortezadores resulta fundamental para el diagnóstico fitosanitario forestal, así como para el diseño de estrategias de manejo integrado de plagas. El presente estudio tiene como objetivo documentar la presencia de *D. valens* en una plantación de pinos como parte de un esfuerzo por ampliar el conocimiento de su distribución y evaluar su rol potencial como vector de patógenos fúngicos en ecosistemas forestales de la región.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en una plantación de *Pinus patula* de 8 años, ubicada en la localidad de Coxmatla, en el municipio de Xico, Veracruz (19°25'58.6"N; 97°04'42.6"O). La recolecta de especímenes se realizó durante el periodo primavera–verano de 2024, para detectar la presencia de insectos descortezadores asociados con árboles que presentaban sintomatología compatible con infestaciones por escarabajos del género *Dendroctonus*. Se seleccionó un área representativa dentro de la plantación dividida en 6 bloques de 64 árboles cada uno, donde se realizó un recorrido sistemático para la detección de árboles con sintomatología evidente, como la presencia de grumos de resina rojiza (pitch tubes), aserrín en la base del tronco, galerías en la corteza y cambio de coloración del follaje. Esta sintomatología se consideró como indicador de posible infestación por escarabajos descortezadores.

La recolecta de los ejemplares se efectuó de manera manual, se extrajeron fragmentos de corteza en donde se detectó un cumulo de resina, y se recolectaron larvas y/o adultos presentes en las galerías. Para la extracción se emplearon herramientas básicas como navaja, pinzas, frascos de recolección y etiquetas para el registro de datos por árbol. Todos los ejemplares fueron trasladados al Laboratorio de Parasitología y Control Biológico de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana en condiciones controladas para su posterior análisis.

En el laboratorio, los especímenes fueron preparados mediante técnicas entomológicas estándar: limpieza, montaje con alfileres entomológicos o portaobjetos (según el estado del espécimen), y conservación en condiciones adecuadas de humedad y temperatura. La identificación taxonómica se realizó con base en características morfológicas externas, utilizando claves dicotómicas especializadas y literatura entomológica actualizada para Scolytinae (Armendáriz *et al.*, 2018). Los datos obtenidos se sistematizaron para determinar proporción de árboles afectados respecto al total muestreado, y para confirmar la presencia de escarabajos barrenadores del género *Dendroctonus* en la zona de estudio.

Resultados y discusión

Se realizó la inspección visual de 384 árboles de *Pinus patula*, de los cuales, 10 presentaron sintomatología compatible con infestación por descortezadores, definida por la presencia de galerías bajo la corteza y aserrín en la base del tronco. Esto corresponde a una frecuencia de incidencia de 2.60% de árboles con daño por escarabajos descortezadores dentro de la plantación. El análisis morfológico en el laboratorio confirmó la presencia de *Dendroctonus valens*, basada en caracteres diagnósticos como la longitud corporal (6–10 mm), las estructuras sensoriales del rostro, declive elietral, consideradas en las descripciones taxonómicas clásicas (Figura 1).

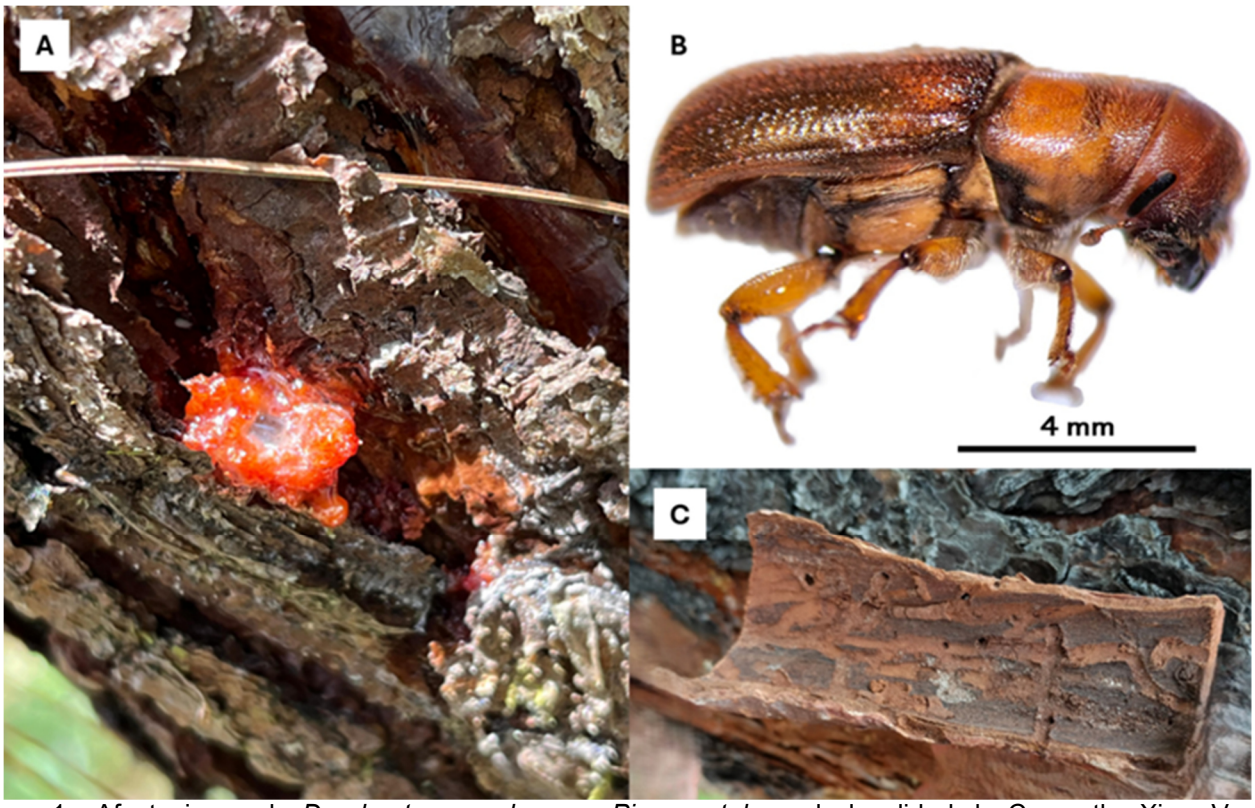


Figura 1.- Afectaciones de *Dendroctonus valens* en *Pinus patula* en la localidad de Coxmatla, Xico, Ver. A) Sintomatología de grumo de resina. B) *Dendroctonus valens* vista lateral 40x C) Galerías en corteza.

En todos los casos, los especímenes se localizaron en árboles que presentaban la sintomatología clásica, lo que refuerza la correlación entre diagnóstico visual y confirmación taxonómica. Dado que *D. valens* es una especie exótica e invasora, cuyo establecimiento fuera de su área nativa se ha asociado con proliferaciones a gran escala, por ejemplo, en plantaciones de *Pinus tabuliformis* en China donde ocasionó la muerte de millones de árboles en pocos años (Wang *et al*., 2025), la detección de esta especie en Veracruz adquiere particular relevancia, ya que, su capacidad para adaptarse a nuevas regiones, colonizar hospedantes sanos y potencialmente ocupar rodales contiguos representa una amenaza emergente para los sistemas forestales locales.

Ante este contexto, es esencial considerar a *D. valens* como un agente de daño mecánico y fisiológico, además de vector potencial epidemiológico, cuya actividad puede favorecer la dispersión de patógenos de alto impacto

forestal como *Fusarium circinatum*. Asimismo, estas especies exóticas pueden presentar un crecimiento poblacional acelerado y dispersarse más allá de los sitios de origen, especialmente bajo condiciones favorables de clima cálido, predisposición de hospedantes y ausencia de enemigos naturales. Este comportamiento sugiere que, si no se implementan medidas de monitoreo y manejo oportunas, la incidencia observada podría incrementarse y expandirse hacia rodales cercanos nativos o plantaciones forestales comerciales.

Conclusiones

Los resultados evidencian una infestación inicial del escarabajo descortezador *D. valens* con baja incidencia (2.60%) en la plantación muestreada. Aunque el porcentaje puede parecer bajo, su carácter exótico y su potencial para desencadenar brotes epidémicos justifican la implementación de medidas fitosanitarias proactivas. Se recomienda establecer un programa de monitoreo continuo que permita identificar tendencias poblacionales y evaluar la eficacia de acciones de manejo, como el muestreo sistemático, el uso de trampas con feromonas de agregación y el diseño de estrategias de manejo integrado que consideren su capacidad como vector de hongos fitopatógenos.

Referencias bibliográficas

Armendáriz, T. F., G. Zúñiga, L. J. García R., O. Valerio M y P. G. García N. 2018. Guía ilustrada para identificar a las especies del género *Dendroctonus* presentes en México y Centroamérica. Red Temática de Salud Forestal.
CONAFOR.2023. Informe Nacional sobre el Estado que Guardan los Recursos Forestales en México. Comisión Nacional Forestal.
Gao, B., L. Yu, L. Ren, Z. Zhan and Y. Luo. 2023. Early detection of *Dendroctonus valens* infestation at tree level with a hyperspectral UAV image. Remote Sensing, 15(2):407.
Selikhovkin, A.V., S. Markowskaja, R. Vasaitis, A.N. Martynov and D. L. Musolin. 2018. Phytopathogenic fungus *Fusarium circinatum* and potential for its transmission in Russia by insects. Russian journal of biological invasions, 9:245-252.
Wang, Z., L. Liang, S.Yan, H. Wang and Q. Lu. 2025. *Ophiostomatalean* Fungi (Ascomycota, Ophiostomatales) Associated with *Dendroctonus valens* in Liaoning, China. *Forests*, 16(2):299.

INVENTARIO FORESTAL MEDIANTE SENSORES REMOTOS, EN UNA PLANTACIÓN DE *Cedrela odorata* L. y *Hevea brasiliensis* Müll. Arg.

José Antonio Hernández-Moreno[1*], Ángel Román-Lozano[2] y Carlos Alberto Martínez-Márquez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental El Palmar, Km 16.5 Carretera Tezonapa-El Palmar Grande, C. P. 95080, Tezonapa, Veracruz.
[2]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Av. Universidad No.350, Dos Caminos, C.P. 94910. Cuitláhuac, Veracruz.
*Autor para correspondencia: hernandez.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Escaneo láser terrestre, Parámetros forestales, Realidad aumentada, Sensor LiDAR móvil.*

Introducción

Los inventarios forestales describen la cantidad, tamaño y calidad de los árboles de un bosque, y otras características de la superficie donde crecen (Liang *et al*., 2016); además, son base para la planificación de la gestión sostenible de los recursos forestales, para la estimación del volumen maderable, la biomasa/carbono y la biodiversidad, así como sus cambios a lo largo del tiempo, con la mayor precisión posible (Hernández *et al*., 2024). Tradicionalmente, los datos del inventario forestal se obtienen con equipo manual, como cintas diamétricas para el diámetro normal (DN), y el clinómetro para la altura total (AT). En la práctica, esto requiere mucho tiempo y trabajo, es costoso y propenso a múltiples errores de medición (Liang *et al*., 2016; Hernández *et al*., 2025). Lo anterior, exige métodos alternativos como los de teledetección, para derivar atributos de los árboles (Liang *et al*., 2016; Hernández *et al*., 2025). La combinación de sensores remotos ofrece alternativas innovadoras para tal efecto. El LiDAR (Light Detection and Ranging) terrestre y la fotogrametría digital, han demostrado potencial para la estimación precisa de parámetros estructurales forestales (Liang *et al*., 2016). Particularmente, los sensores de bajo costo como LiDAR, integrados en dispositivos móviles, y drones DJI mini pro, representan una alternativa para que las tecnologías de precisión forestal sean más accesibles y asequibles. La medición precisa de plantaciones forestales requiere metodologías eficientes que permitan el onitoreo continuo del crecimiento y desarrollo estructural. Los objetivos de esta investigación fueron, determinar 1) la precisión y eficiencia del sensor LiDAR de un iPhone 15 Pro® para la medición de diámetro normal, en comparación con métodos tradicionales, y 2) la confiabilidad de la fotogrametría con puntos de control, para la estimación de alturas de árboles individuales.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en una plantación forestal mixta de 0.87 hectáreas, establecida hace 17 años, ubicada entre las coordenadas 18°31'5.98" LN y 96°45'36.20" LO, en el Campo Experimental El Palmar, Tezonapa, Veracruz (Figura 1). La plantación presenta un diseño sistemático con espaciamiento 4 x 4 m (625 árboles/ha), y composición 60% *Cedrela odorata* y 40% *Hevea brasiliensis*. La unidad experimental consistió en 70 árboles individuales, distribuidos al azar, con diámetro normal ≥10 cm, distribuidos aleatoriamente. El DN se midió con cinta diamétrica y las alturas se determinaron mediante clinómetro Suunto®. Posteriormente, se utilizó el sensor LiDAR del iPhone 15 Pro® con app especializada para medición forestal (Mokroš *et al*., 2018; Hernández *et al*., 2024). La fotogrametría se realizó con dos vuelos de un drone DJI mini 3 pro, estableciendo puntos de control con un GNSS RTK (base y rover), EFIX 7F. A partir de las imágenes aéreas se generaron en *Agisoft Metashape*® un ortomosaico, una nube de puntos densa y un Modelo Digital de Elevación (MDE). Para estimar la altura de árboles individuales, se utilizaron las coordenadas X, Y de la base de cada tronco. La altitud del terreno (Z_base) se extrajo del MDE y la altitud de la copa (Z_copa), se obtuvo como el valor máximo de elevación dentro de un radio (buffer), de 3.5 m en la nube de puntos, utilizando el paquete *lidR* en *RStudio*. La altura de cada árbol se calculó como la diferencia entre Z_copa y Z_base. Finalmente, se generó un shapefile alturas estimadas de los árboles. La concordancia entre métodos se evaluó mediante regresión lineal simple, calculando coeficiente de determinación (R^2) y error cuadrático medio (RMSE). Se determinó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) para cuantificar la concordancia absoluta. El análisis de residuos validó los supuestos de linealidad y homocedasticidad ($\alpha = 0.05$).

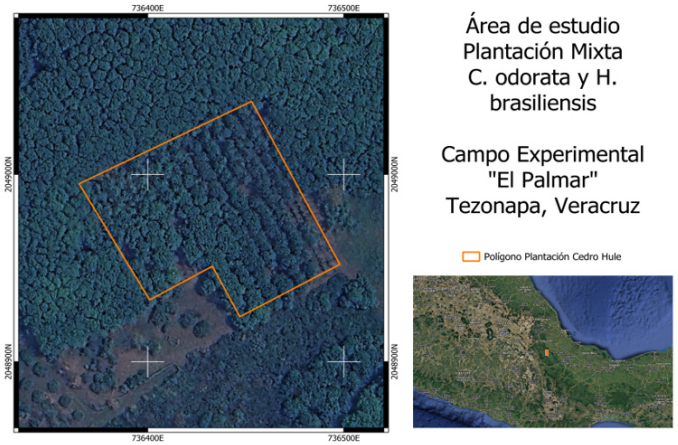


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Resultados y discusión

Se encontró alta correlación entre métodos tradicionales y alternativos (Figura 2). Para el DN, la regresión mostró una $R^2 = 0.95$ ($p < 0.001$), RMSE = 1.47 cm e ICC = 0.964, que indica alta concordancia. La ecuación de calibración obtenida fue: *DN_tradicional = 1.93 + 0.963 × DN_LiDAR*. Para la altura, se obtuvo $R^2 = 0.96$ ($p < 0.001$), RMSE = 0.64 m, e ICC = 0.981. La relación fue: *Altura_clinómetro = 0.09 + 0.998 × Altura_drone* (Figura 2). Los análisis de residuos confirmaron la linealidad y homocedasticidad de las relaciones, lo que validó la aplicabilidad de los modelos de calibración.

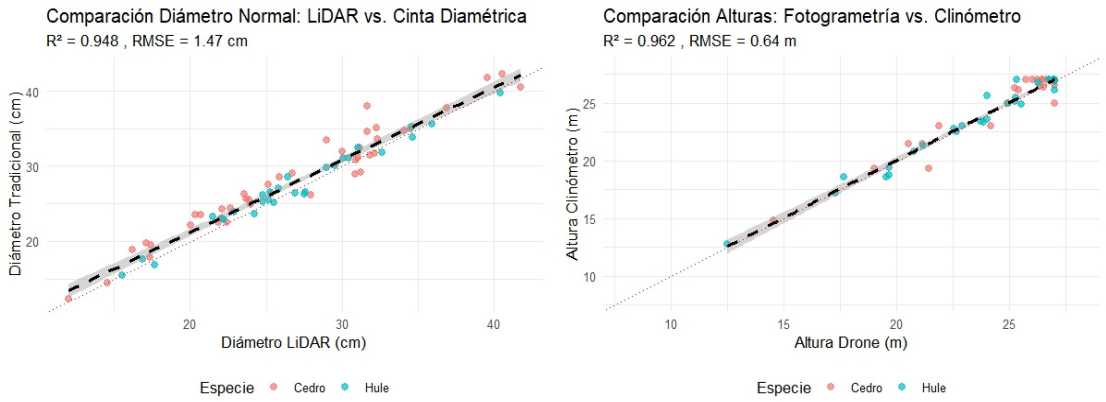


Figura 2. Comparación entre mediciones de DN y altura total mediante sensores remotos (LiDAR y dron) y métodos tradicionales (cinta métrica y clinómetro).

Los sensores remotos demostraron ser herramientas válidas y precisas, con alta concordancia, lo que permite eficientizar el tiempo de medición (reducción del ~67%) y la consistencia de datos (Cuadro 1), con potencial para mejorar el inventario forestal en plantaciones.

Cuadro 1. Tiempo dedicado (en horas) y número de personas, para medir los parámetros de inventario de 70 árboles utilizando iPhone 15 pro®, dron, cinta métrica y clinómetro.

Dispositivo	iPhone 15 Pro®	Dron	Total	Cinta métrica	Clinómetro	Total
Parámetros medidos	DAP	AT	Ambos	DAP	AT	Ambos
Número de personas	1*	1*	1	2**	2**	2**
Tiempo utilizado (h)	0.45	3.25	3.70	1.75	4.65	6.40
Personas x hora	0.45	3.25	3.70	3.50	9.30	12.80

* Un solo operador, y software en gabinete.
** Un medidor y un tomador de notas.

El análisis por especie reveló mayor precisión en *H. brasiliensis* (R^2 = 0.98) comparado con *C. odorata* (R^2 = 0.92), probablemente atribuible a las diferencias en arquitectura del fuste y presencia de contrafuertes en cedro. Estos resultados superan los reportados por Wallace *et al*. (2016), en plantaciones de eucalipto (R^2 = 0.83), lo que sugiere que, la tecnología LiDAR móvil, es viable técnicamente para aplicaciones forestales operativas. La ligera subestimación sistemática del LiDAR es consistente con la literatura, atribuible a la resolución del sensor y algoritmos de procesamiento (Mokroš *et al*., 2018; Hernández *et al*., 2024).

La tecnología fotogramétrica presentó ventajas significativas en términos de seguridad operativa y capacidad de documentación visual, eliminando riesgos asociados con mediciones de campo en terrenos accidentados. Liang *et al*. (2016) reportaron precisiones similares (RMSE = 0.9 - 1.4 m) en bosques naturales, validando la robustez del método en diferentes contextos forestales. Asimismo, Hernández *et al*. (2024), obtuvieron precisiones de R^2=0.99 y RMSE=0.657 cm para el DN; y R^2=0.98 y un RMSE = 0.369 m para la AT. La implementación de sensores remotos redujo el tiempo de medición por árbol de 8.5 minutos (método tradicional) a 3.2 minutos (sensores remotos), con una mejora del 67% en eficiencia temporal. Esta ganancia se traduce en reducción significativa de costos operativos y capacidad de muestreo extensivo (Cuadro 1). Se recomienda la validación de estos métodos en diferentes condiciones de sitio y especies forestales, así como la exploración de técnicas de inteligencia artificial para el procesamiento automatizado de datos LiDAR y fotogramétricos en su conjunto.

Conclusiones

Los sensores remotos evaluados demostraron precisión y exactitud comparables a métodos tradicionales, con ventajas sustanciales en eficiencia operativa y calidad de datos. El sensor LiDAR de iPhone 15 Pro® constituye una herramienta viable para medición de diámetros en inventarios forestales comerciales, mientras que la fotogrametría con puntos de control ofrece estimaciones confiables de alturas. La combinación de sensores permitió la generación automática de bases de datos digitales y georreferenciadas, al eliminar errores de transcripción y facilitar análisis espaciales avanzados, lo que es valioso para el monitoreo a largo plazo.

Referencias bibliográficas

Liang, X., V. Kankare, J. Hyyppä, Y. Wang, A. Kukko, H. Haggrén *et al.* 2016. Terrestrial laser scanning in forest inventories. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 115: 63–77.

Mokroš, M., X. Liang, P. Surový, P. Valent, J. Čerňava, F. Chudý, *et al.* 2018. Evaluation of close-range photogrammetry image collection methods for estimating tree diameters. ISPRS International Journal of Geo-Information 7(3): 93.

Hernández, M. J. A., D. R. Pérez S. y A. Velázquez M. 2024. Medición de parámetros de inventario forestal en bosques plantados, mediante tecnología LiDAR: Comparación de métodos. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 16 (87):72-99.

Hernández, M. J. A., A. Velázquez M., D. R. Pérez S., F. Bravo, D. W. MacFarlane, y V. J. Reyes H. 2025. Terrestrial laser scanning for estimating the volume and biomass of coniferous stems in the mariposa monarca biosphere reserve, Mexico. Forests 16(2): 334.

Wallace, L., A. Lucieer, Z. Malenovský, D. Turner and P. Vopěnka. 2016. Assessment of forest structure using two uav techniques: A comparison of airborne laser scanning and structure from motion (SfM) point clouds. Forests 7(12): 62.

PROYECCIÓN DE COSECHA DE CULMOS DE BAMBÚ BASADO EN LA APLICACIÓN DE UN MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS

Casimiro Ordóñez-Prado[1]*, Juan Carlos Tamarit-Urias[1], Martha Elena Fuentes-López[1], Edna Elena Suárez-Patlán[1] y Pedro Hernández-Zaragoza[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, C.P. 74100 Santa Rita Tlahuapan, Puebla.
[2]Asesor y Consultor Forestal. C. González Ortega No. 25 Col. Centro C.P. 73930 Teteles de Ávila Castillo, Puebla
Autor para correspondencia: ordonez.casimiro@inifap.gob.com

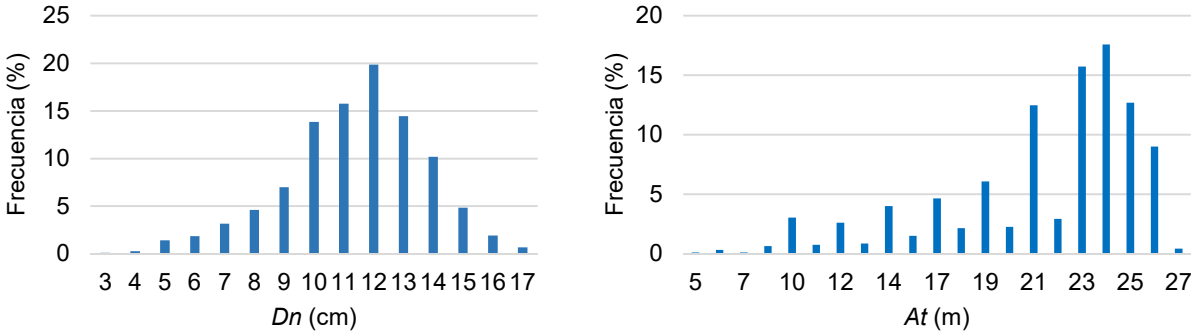
Palabras clave: *Bambú para construcción, Mercados de bambú, Bambú nativo.*

Introducción

La comercialización del bambú comprende la producción, venta y distribución de productos derivados de esta gramínea altamente lignificada. De acuerdo con la Secretaría de Economía del Gobierno de México, en 2024 se realizaron importaciones de productos derivados del bambú por un monto de 176 millones de dólares; compras realizadas principalmente a China (Secretaría de Economía, 2024). Si bien, en México la superficie de plantaciones de bambú se ha incrementado considerablemente en los últimos años, estas no abastecen en su totalidad el mercado potencial del bambú. Los productos ofertados presentan un procesamiento industrial mínimo, como los culmos para uso estructural, esterilla o bambú planchado, latillas, reglillas, tutores, entre otros. El uso de culmos de bambú en su forma natural circular como elementos estructurales plantea múltiples desafíos, de inicio la necesidad de definir su variabilidad geométrica inherente para permitir su inclusión en los procesos formales de diseño y fabricación (Lorenzo *et al*., 2020). Conocer la distribución de las dimensiones de los culmos en plantaciones o rodales naturales de bambú, es importante para planificar su cosecha y ofertar a mercados específicos los productos obtenidos. En este sentido, las ecuaciones de distribución de productos maderables, especialmente en el contexto de herramientas biométricas para la silvicultura, se utilizan para predecir y estimar la cantidad de un producto determinado; por ejemplo, la longitud comercial para un determinado diámetro exterior mínimo de uso; esas ecuaciones, en general, utilizan variables como el diámetro medido a 1.3 m sobre el suelo y la altura total para estimar los largos comerciales referidos. El objetivo del presente estudio fue realizar una proyección de la cosecha de culmos de rodales maduros de *Guadua aculeata*, con potencial de uso estructural para la construcción, mediante la aplicación de un modelo matemático de distribución de productos.

Materiales y métodos

La proyección de productos del bambú nativo (*Guadua aculeata)* con potencial para la construcción se realizó con datos del diámetro externo (*Dn*, cm), medido a 1.3 m sobre el suelo y la altura total (*At*, m) de 922 culmos; medidos en 12 sitios de muestreo, distribuidos aleatoriamente en rodales naturales del predio “Las Margaritas” en Hueytamalco, Puebla. Los bambúes se distribuyen en pequeños rodales de 0.5 a 4 ha, cercanos a corrientes hídricas y orillas de potreros. El análisis exploratorio de los datos mostró un *Dn* mínimo de 2.5 cm, una media de 10.6 y el máximo de 16.5 cm; mientras que para la *At* fue de 5.28, 21.16 y 26.57 m para los mismos estadísticos descriptivos. En las figuras 1a y 1b se presenta la distribución por categoría diamétrica y de altura.



a **b**

Figura 1. a) distribución de *Dn* y b) distribución de altura total de culmos de bambú *Guadua aculeata* del predio "Las Margaritas", Hueytamalco, Puebla.

La distribución de productos se estimó mediante la Ecuación 1 propuesta por Ordóñez-Prado *et al*. (2023a), derivada del modelo de ahusamiento del Fang & Bailey Caso 1, con el cual se puede estimar la longitud de una sección del culmo de bambú, a partir de un diámetro mínimo (*dm*) comercial en la punta del culmo. Este modelo emplea datos del *Dn* y *At*, la medición en campo de la primera variable es relativamente sencilla; pero la *At* es particularmente complicada por la alta densidad poblacional de culmos y su curvatura natural en la punta; por ello, para su estimación se utilizó la Ecuación 2 propuesta por Ordóñez-Prado *et al*. (2023b). En el Cuadro 1, se presenta una propuesta de productos y dimensiones basado en información de proveedores de bambú.

$$h = At - \left(\frac{\frac{dm^2}{0.000056}}{0.000031 \cdot Dn^{1.977602} At^{0.877979 - \frac{k}{0.000031}}} \right)^{\frac{0.000031}{k - 0.000031}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$At = 1.3 + \frac{Dn^2}{(25.9352 + 14.3129 \cdot Dn)^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: *At*= altura total (m), *Dn*= diámetro normal (cm), *h*= altura estimada a un diámetro mínimo establecido, *dm*= diámetro mínimo en punta, *k*= 0.00007854.

Cuadro 1. Dimensiones definidas para realizar la distribución de productos de culmos para la construcción con base en el diámetro externo y longitudes comerciales.

Producto	Diámetro mínimo externo (cm)	Longitud (m)	Valor por sección en verde ($)
Producto 1	>10.00	6.00	80.00
Producto 2	>7.50	6.00	60.00
Producto 3	<5.00	6.00	40.00

Resultados y discusión

En la Figura 2 se presenta la distribución de secciones por culmo estimadas con el modelo de distribución de productos. En culmos con *Dn* menores, solo se obtendrá el producto 3, pero conforme estos son más gruesos y altos, se pueden obtener dos y tres tipos de productos. El producto 1, proviene de los culmos más gruesos con Dn externo de 12 cm o superior y dm mínimo en punta ≥10cm, el sistema solo estima una sección de 6 m por culmo. El producto 2 con dm ≥7.5 cm se obtiene de culmos con Dn a partir de 10 cm. Las secciones para el producto 3 con dm ≥5.0 cm se elabora a partir de culmos con Dn 7 cm. La distribución proyectada de los tres tipos de productos es de 21, 39 y 40% para el producto 1, 2 y 3, respectivamente. Aunque los culmos con diámetro <7 cm están en menor proporción, se pueden destinar a otros mercados como tutores para hortalizas, cestería, muebles, latillas para la construcción, entre otros.

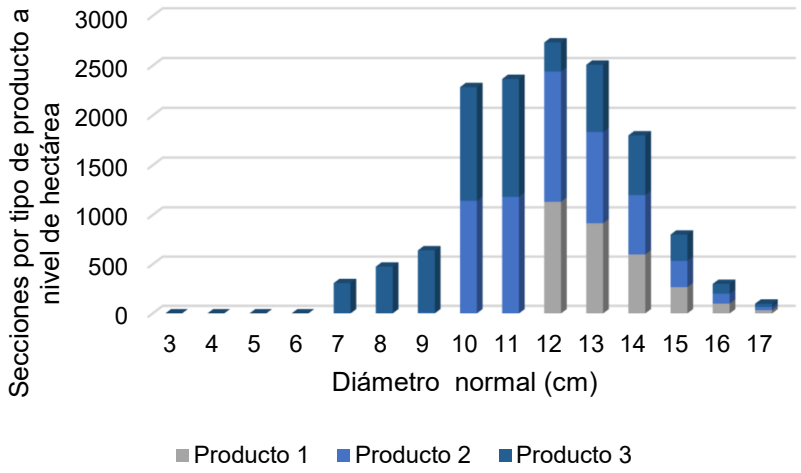


Figura 2. Distribución por tipo de producto de culmos del bambú (*Guadua aculeata*) para el mercado de la construcción.

Si se asume un aprovechamiento anual de 20% de culmos maduros y comerciales, se estima un valor de cosecha de $161,160.00 por hectárea por la venta secciones de culmo para la construcción, mismo que puede aumentar si los productos previamente se pasan por un proceso de secado y preservación. El ingreso por la venta del producto 1, 610 secciones, se estimó en $48,800.00; mientras que, para el producto 2,1111 secciones, y producto 3,1141 secciones, el ingreso esperado es de $66,696.00 y $45,664.00, lo que representa 30, 41 y 28% del ingreso esperado para cada tipo de producto propuesto. De acuerdo con Lucila Aguilar Arquitectos y SELVAZAMA (2020) en México existen seis proveedores de culmos de *G. aculeata*, estiman un potencial de abasto de 43,200 culmos por año, con dimensiones similares a las expuestas en el presente estudio.

Conclusiones

Mediante la proyección de distribución de productos para uso estructural en la construcción de un sistema para el bambú (*Guadua aculeata*), es posible planificar la cosecha y estimar su valor económico enfocada a un mercado específico.

Referencias bibliográficas

Lorenzo, R., y L. Mimendi. 2020. Digitisation of bamboo culms for structural applications. Journal o Building Engineering. 29. 101193.

Lucila Aguilar Arquitectos y SELVAZAMA. 2020. Catálogo de bambú en México [Archivo PDF]. https://lucilaaguilar.com/wp-content/uploads/2021/05/Cata%CC%81logo-de-Bambu%CC%81-en-Me%CC%81xico-Lucila-Aguilar-2020.pdf

Ordóñez-Prado, C., J. C. Tamarit-Urias, N. Adan, N., M. Rodríguez-Acosta y M. E Fuentes-López. 2023a. Mathematical system based on taper functions for distribution by structural product of culms in three giant bamboo taxa. Forest systems. 32(2). e010-e010. https://doi.org/10.5424/fs/2023322-19641

Ordóñez-Prado, C., A. Nava-Nava, J. C. Tamarit-Urias y P. Hernández-Zaragoza. 2023b. Ecuaciones para estimar la altura total de culmos comerciales en tres especies de bambú. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 10(3).

Secretaría de Economía. 2024. Bambú. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/bamboo#mercado-global. Consultado 01 de junio de 2025

MODELOS ALOMÉTRICOS ALTURA – DIÁMETRO PARA CULMOS DE CUATRO ESPECIES DE BAMBÚES INTRODUCIDAS A MÉXICO

Juan Carlos Tamarit-Urias[1]*, Martha Elena Fuentes-Lopez[1], Casimiro Ordóñez-Prado[1], Melchor Rodríguez-Acosta[2] y Lucía Hernández-Adame[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, C.P. 74100, San Martinito, Tlahuapan, Pue., México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Ixtacuaco. Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan km 4.5, CP 93600, Javier Rojo Gómez, Tlapacoyan, Ver., México.
[3]Consultor y Asesor Forestal y Ambiental Independiente. Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Alometría, Bambú exótico, Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Regresión no lineal.*

Introducción

Los culmos del bambú son el componente aéreo más importante, porque su biomasa puede ser mayor a 80% con respecto a la biomasa aérea total; además, son la principal materia prima para elaborar una amplia variedad de productos base bambú. La altura total, como un atributo del culmo, es una variable fundamental para estimar otros parámetros del propio culmo, de la cepa o macollo y del rodal o plantación forestal comercial (PFC); por ejemplo, el volumen, biomasa y carbono pueden estimarse a partir de la altura total y el diámetro normal (Ordóñez-Prado *et al.,* 2023). Sin embargo, medir en campo la altura total de cada culmo no es fácil, los rodales de bambúes, sobre todo los que tienen un rizoma tipo simpoidal, emiten un alto número de culmos en forma amacollada, esta situación favorece que formen un dosel con un denso follaje; además, la punta de los culmos se curva en una caída natural; todo ello impide visualizar y diferenciar la base y el ápice por culmo, por lo que es prácticamente imposible su medición con instrumentos convencionales. Para superar este impedimento es necesario recurrir a la estrategia de generar modelos altura – diámetro, esto se logra mediante el ajuste por regresión de diferentes funciones alométricas, en las cuales la altura total del culmo se predice en función de su diámetro normal, este último sí es fácil de medir en cada individuo en forma rápida y a bajo costo (Zhou *et al*., 2023). En México, se han introducido diferentes taxones de bambú para los cuales se han generado modelos altura - diámetro; por ejemplo, *Bambusa oldhamii* y *Guadua angustifolia*. Sin embargo, para otras especies exóticas de porte alto y de reciente inclusión en forma de PFC, hacen falta herramientas biométricas cuantitativas que permitan mejorar, tanto su manejo silvícola como su aprovechamiento comercial. En ese contexto, se planteó el objetivo de generar modelos alométricos altura – diámetro para *Bambusa lako*, *Dendrocalamus giganteus*, *Gigantochloa atter* y *Bambusa vulgaris* en Puebla, México; lo anterior a partir de evaluar y comparar la calidad de ajuste de cinco modelos biparamétricos no lineales y seleccionar para cada especie el de mejor capacidad predictiva.

Materiales y métodos

Se utilizaron 60 culmos, 15 para cada una de las especies antes citadas. La muestra se recolectó mediante un muestreo destructivo en el *Bambusetum* del INIFAP, localizado en el predio “Las Margaritas” de Hueytamalco, Pue., México; además, se cubrió el intervalo de categorías de diámetro y de altura presentes a los cuatro años después de establecidas. A cada espécimen se le midió en pie el diámetro normal (*Dn*, cm) a 1.3 m de altura sobre el suelo, se usó una cinta diamétrica marca Forestry Suppliers. Posteriormente, se derribó y se midió la altura total (*At*, m) con una cinta métrica marca Keson de 30 m de longitud. Con las variables *Dn* y *At* por culmo y especie se integró una base de datos, se auditó verificándose comportamientos gráficos lógicos. En el Cuadro 1 se presentan los estadísticos básicos descriptivos de las variables referidas por especie para la muestra analizada. De un análisis preliminar exploratorio sobre el ajuste de 29 modelos alométricos para la relación At – Dn referidos en Lebedev y Kuzmichev (2020), se identificaron cinco modelos como candidatos plausibles (Cuadro 2). Los modelos se ajustaron mediante mínimos cuadrados ordinarios no lineales en el programa SAS (SAS Institute Inc. 2011). La heterocedasticidad se corrigió probando diferentes factores de ponderación relacionadas con la varianza del error. La calidad de ajuste entre modelos se comparó mediante los valores de la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}). También se consideró la significancia de los parámetros estimados ($p < 0.05$) (Ordóñez-Prado *et al*., 2023). Para seleccionar al mejor modelo por especie también se realizó un análisis gráfico del realismo biológico que los modelos reproducen.

Cuadro 1. Estadísticos básicos descriptivos de las variables analizadas para los bambúes estudiados.

Especie	Variable	Mínimo	Máximo	Media	*DE*	*CV*	Varianza
Bambusa lako	*Dn* (cm)	1.60	9.20	5.36	2.31	43.13	5.34
	At (m)	3.77	18.01	11.10	4.56	41.11	20.82
Dendrocalamus giganteus	*Dn* (cm)	1.40	17.00	9.06	4.97	54.91	24.75
	At (m)	4.80	25.70	13.81	7.39	53.53	54.68
Gigantochloa atter	*Dn* (cm)	1.50	5.50	3.42	1.31	38.21	1.71
	At (m)	3.74	12.30	8.34	3.13	37.53	9.80
Bambusa vulgaris	*Dn* (cm)	1.10	10.30	5.45	3.00	54.95	8.98
	At (m)	2.30	16.75	9.34	4.66	49.88	21.70

DE: desviación estándar; *CV*: coeficiente de variación.

Cuadro 2. Modelos alométricos evaluados para predecir la altura total (At) de culmos de los taxones estudiados.

Modelo alométrico	Estructura matemática	Etiqueta
Potencial	$At = k + \beta_0 Dn^{\beta_1} + \varepsilon$	M1
Näslund	$At = k + \frac{Dn^2}{(\beta_0 + \beta_1 Dn)^2} + \varepsilon$	M2
Wykoff	$At = k + e^{\beta_0 + \beta_1/1+Dn} + \varepsilon$	M3
El Momoun	$At = k + \beta_0 (\ln(1 + Dn))^{\beta_1} + \varepsilon$	M4
Michaelis-Menten	$At = k + \frac{\beta_0 Dn}{\beta_1 + Dn} + \varepsilon$	M5

Dn: diámetro normal; *At*: altura total; k: valor constante de 1.3 para estimar una At de 1.3 m cuando el Dn es 0; β_i: parámetros a estimar; *e*: función exponencial; ln: logaritmo natural; ε: término de error aleatorio.

Resultados y discusión

En el Cuadro 3 y la Figura 1 se indican los mejores modelos seleccionados por especie de bambú estudiada.

Cuadro 3. Valores de los parámetros y estadísticos de ajuste del mejor modelo seleccionado por especie.

Especie	Modelo	Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor *t*	Pr > |*t*|	RCME	R^2_{adj}
Bambusa lako	M4	β_0	2.502646	0.3818	6.55	<0.0001	1.8716	0.8318
		β_1	2.263195	0.2472	9.15	<0.0001		
Dendrocalamus giganteus	M5	β_0	82261094	6589520	12.48	<0.0001	1.4879	0.9595
		β_1	57962848	1.82E-14	3.19E+21	<0.0001		
Gigantochloa atter	M2	β_0	0.749349	0.0461	16.26	<0.0001	0.6833	0.9524
		β_1	0.154277	0.0133	11.64	<0.0001		
Bambusa vulgaris	M5	β_0	83702444	3887219	21.53	<0.0001	1.0579	0.9484
		β_1	57962848	1.87E-14	3.1E+21	<0.0001		

Todos los parámetros de los modelos fueron altamente significativos (p <0.05), la RCME varío de 0.68 a 1.87 m, el R^2_{adj} de 83.1 al 95.9%. El comparativo gráfico sobre las tendencias promedio que predice cada modelo *versus* los observados ratifica que los mejores fueron los modelos M4, M5, M2 y M5 para *Bambusa lako*, *Dendrocalamus giganteus*, *Gigantochloa atter* y *B. vulgaris*, respectivamente; porque se pueden realizar predicciones consistentes y biológicamente realistas. En México, Ordóñez-Prado *et al*. (2023) generaron modelos *At – Dn* para *Bambusa oldhamii*, *Guadua aculeata* y *G. angustifolia*, y concluyeron que los mejores fueron el Logístico y el de Curtis.

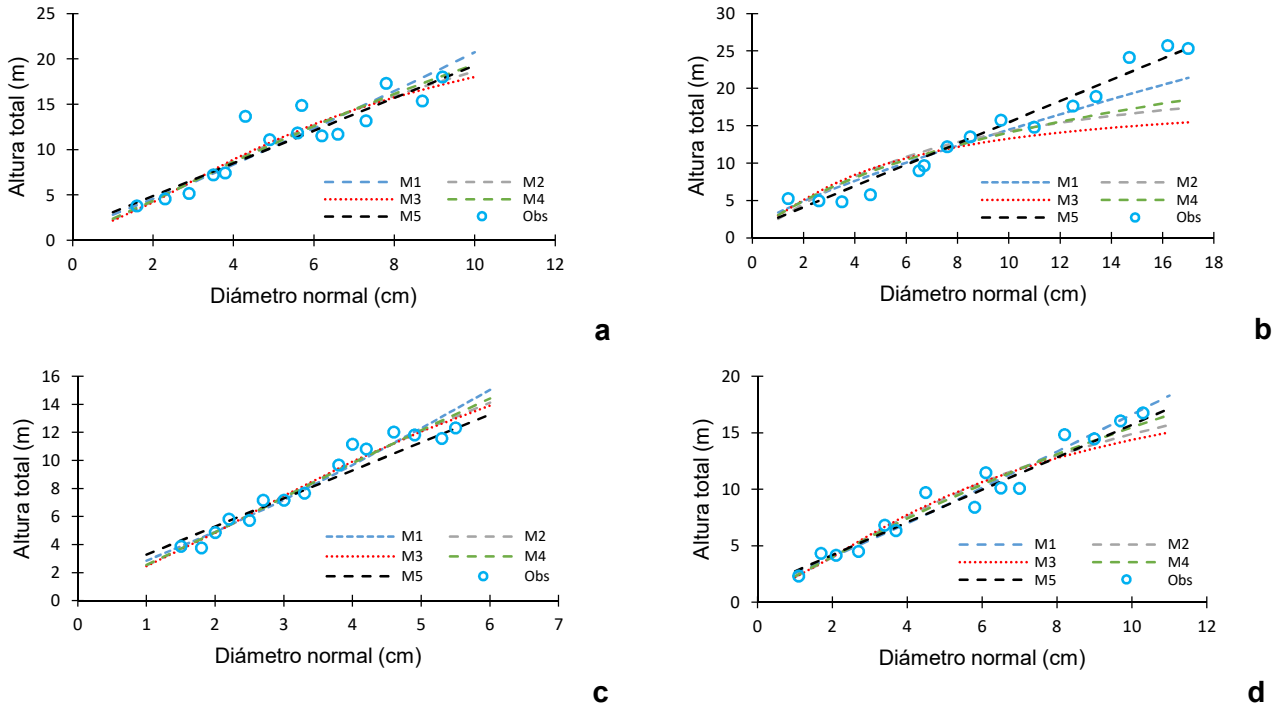


Figura 1. Comparativo de las tendencias en altura total que predicen los modelos alométricos evaluados para *Bambusa lako* M4 (a), *Dendrocalamus giganteus* M5 (b), *Gigantochloa atter* M2 (c) y *Bambusa vulgaris* M5 (d).

Conclusiones

Para estimar la altura total en función del diámetro normal de culmos de bambúes exóticos, se generaron los valores de los parámetros para los modelos alométricos de El Momoun para *Bambusa lako*, de Michaelis-Menten para *Dendrocalamus giganteus* y *B. vulgaris; mientras que,* para *Gigantochloa atter* fue el de Näslund. Estos modelos conforman herramientas biométricas útiles para realizar inventarios de volumen, biomasa y carbono.

Referencias bibliográficas

Lebedev, A. Kuzmichev, V. 2020. Verification of two-and three-parameter simple height-diameter models for birch in the European part of Russia.

Ordóñez-Prado, C., A. Nava-Nava, J. C. Tamarit-Urias y P. Hernández-Zaragoza, 2023. Ecuaciones para estimar la altura total de culmos comerciales en tres especies de bambú. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 10(3): e3696.

SAS (Statistical Analysis System). Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Zhou, X., Zhou, Y., Zhang, X., Sharma, R. P., Guan, F., Fan, S. y Liu, G. 2023. Two-level mixed-effects height to crown base model for moso bamboo (Phyllostachys edulis) in Eastern China. Frontiers in Plant Science 14: 1095126.

PAQUETE TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DEL PINABETE. I. INDUCCIÓN FLORAL

Liliana Muñoz Gutiérrez[1*] y Ángel Saúl Cruz Ramírez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Av. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, México.
*Autor para correspondencia: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Ácido giberélico, Anillado en el tronco, Árboles de Navidad*.

Introducción

Las plantaciones forestales comerciales (PFC) de árboles de Navidad se distribuyen, principalmente, en 17 entidades del país; los estados con mayor superficie plantada son Estado de México, 729 ha; Puebla, 369 ha; Tlaxcala, 162 ha; Veracruz, 148 ha; Michoacán, 127 ha; y Durango, 111 ha. De la superficie plantada 87% corresponde al género *Pinus*, seguido por *Pseudotsuga* (8%) y *Abies* (5%) (CONAFOR, 2022). A partir del año 2020, la demanda de árboles de Navidad, particularmente del abeto Douglas, pinabete, como comúnmente se le conoce, ha aumentado debido a su color, aroma y mayor retención de follaje después del corte (CONAFOR, 2022). Para satisfacer esta demanda, es necesario contar con un abasto continuo de semillas de buena calidad para la producción de planta y al posterior establecimiento de PFC. Una alternativa viable consiste en desarrollar, dentro de las plantaciones, un programa de producción de germoplasma en individuos juveniles sexualmente inmaduros. Esto permitiría al plantador producir y recolectar sus semillas en árboles seleccionados como semilleros, lo que reduciría los costos de recolecta en rodales naturales y acortaría el tiempo de producción de semilla. Al respecto, la producción de semillas es muy variable, en función del sitio, altitud y edad del arbolado. Un árbol maduro comienza su madurez sexual entre los 7 y 10 años de edad en altitudes desde el nivel del mar hasta los 2,300 m; en rodales ubicados en altitudes bajas inician de los 15 a 17 años. Árboles longevos de 100 a 200 años son los más prolíficos, pero los conos de los individuos más jóvenes son de mayor tamaño y contienen más semillas viables (Owens, 1973); producen semillas de manera anual, con abundantes cosechas de conos (años semilleros) cada 5 años aproximadamente, aunque varía de 2, 7 y hasta 11 años en altitudes más bajas, y a mayor altura sobre el nivel del mar, su frecuencia, incluso, es menor (Owens, 1973). El objetivo del presente trabajo es presentar y difundir una primera parte del paquete tecnológico para la producción de semillas de pinabete, relacionado con la inducción de la formación de estructuras reproductivas femeninas y masculinas en árboles sexualmente inmaduros, establecidos en PFC de árboles de Navidad de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Materiales y métodos

Con base en la metodología empleada por Muñoz-Gutiérrez *et al*. (2010), las herramientas y materiales que se requieren para promover la floración temprana en árboles jóvenes de *P. menziesii* son los siguientes: cinta para marcar el arbolado, una cinta métrica o diamétrica, un serrucho para poda de ramas, un taladro inalámbrico, brocas para madera de ¼", una micropipeta de 1000 µL o jeringas de 3 mL, el $AG_{4/7}$ (la cantidad dependerá del número y diámetro basal de los árboles por aplicar), alcohol etílico al 95%, frascos color ámbar y cera vegetal o cera de Campeche.

Los métodos empleados corresponden a los de Muñoz-Gutiérrez *et al*. (2010) y Muñoz-Gutiérrez (2024), en los cuales se indica que en PFC de árboles de Navidad de *Pseudotsuga menziesii* (pinabete o abeto Douglas) con edad del arbolado de entre 7 y 13 años, se seleccionan los individuos que serán los semilleros con base en sus características de color, aroma, retención de follaje, resistencia a podas y libre de plagas y enfermedades. Una vez seleccionados y marcados, se mide el diámetro del tronco a una altura de 50 cm del suelo para determinar la cantidad de ácido giberélico 4/7 ($AG_{4/7}$) por suministrar. Los tratamientos se aplican cada dos años, entre los meses de febrero y marzo en un solo evento por árbol; consisten en una sola dosis de $AG_{4/7}$ equivalente a 200 mg por cada centímetro de diámetro del tronco. La cantidad de producto por utilizar se prepara con base en el número de árboles y su respectivo diámetro; este se diluye en alcohol etílico al 95%, se transporta en frascos de color ámbar y protegido de la luz directa del sol. El anillado consiste en realizar dos cortes en forma de media luna con un serrote para podar ramas; el primer corte se hace a una altura de 50 cm del suelo y el segundo a una distancia de 10 cm por arriba del primero. Para la aplicación de la solución, en el tronco, con la ayuda de un

taladro inalámbrico y brocas para madera de ¼", se hacen de tres a cuatro orificios inclinados de 2 – 3 cm de profundidad, a 10 cm por arriba del segundo anillado. El producto se aplica con la ayuda de una micropipeta o jeringa; posteriormente, los orificios se tapan con cera de Campeche para evitar pérdida de la solución por evaporación.

Resultados y discusión

Muñoz-Gutiérrez *et al*. (2010) llevaron a cabo dos ensayos en plantaciones de árboles de Navidad de *P. menziesii* de origen sexual, con edades de entre 10 y 13 años y sin haber presentado producción natural de conos previo a los tratamientos, con diámetros promedios de 5.4 a 6.1 cm y alturas promedio de 1.7 y 2.8 m; evaluaron dos niveles de anillado en el tronco (con y sin anillado) y cuatro dosis de $AG_{4/7}$: 0, 1.27, 2.55 y 5.10 mg cm^{-2} del área transversal del tronco. Determinaron que la mejor combinación de tratamientos fue una dosis de 1.27 mg cm^{-2} de $AG_{4/7}$ y anillado en el tronco, ya que entre 37.5 y 62.5% de los árboles formaron estructuras femeninas, y en menor cantidad (menos de 20%) estructuras masculinas. Además, el número de estróbilos femeninos fue mayor cuando se anilló el tronco y se incrementó la dosis de $AG_{4/7}$.

De manera similar, Muñoz-Gutiérrez y Velasco-Hernández (2023) establecieron un ensayo sobre la formación de estructuras reproductivas femeninas y masculinas en árboles de *P. menziesii* de entre 10 y 13 años de origen sexual, en el Parque Ecoturístico Bosque Esmeralda, Amecameca, Estado de México; evaluaron el efecto de dos tipos de ácido giberélico, el AG_3 y $AG_{4/7}$, solos y en combinación con el anillado en el tronco. Concluyeron que la proporción de árboles con estróbilos femeninos fue de 20%; y entre 10 y 13% formaron estróbilos masculinos, cuando se aplicó el $AG_{4/7}$.

El anillado por sí solo no tuvo efecto sobre el desarrollo de las estructuras; mientras que, en combinación con el $AG_{4/7}$ sí se promovió un mayor número de estróbilos femeninos y masculinos (78.8 y 20, respectivamente). La aplicación de AG_3 no tuvo un efecto sobre la diferenciación de las yemas vegetativas a florales.

Con la aplicación de los tratamientos se logra que 100% de los árboles tratados desarrollen estructuras florales; la floración femenina es cinco veces mayor (80 estróbilos/árbol en promedio) que los estróbilos masculinos (16 estróbilos/árbol en promedio), y se desarrollan en los dos primeros tercios de la copa del árbol, lo que facilita su manejo por la altura de los individuos, no mayor a 1.80 m.

La formación de estructuras florales se acelera cuando se trabaja con árboles sexualmente inmaduros, ya que dentro de los primeros tres y cinco años de aplicados los tratamientos es posible obtener semillas. Esta técnica es útil para el manejo de PFC y huertos semilleros para incrementar la producción de semillas y minimizar los costos; además, tiene implicaciones positivas sobre la conservación de las poblaciones naturales, pues reduce el impacto de las recolectas (Muñoz-Gutiérrez, 2024).

El ámbito de aplicación es en terrenos con PFC de árboles de Navidad de *P. menziesii*; la tecnología está dirigida a productores de árboles de Navidad, prestadores de servicios técnicos, dependencias como CONAFOR, PROBOSQUE y empresas forestales. El costo unitario por árbol con tratamiento es de $29.86, en el cual se considera la aplicación en una hectárea/ año (Muñoz-Gutiérrez, 2024)

Conclusiones

La metodología generada para inducir la formación temprana de estructuras reproductivas femeninas y masculinas en árboles juveniles de *P. menziesii* tiene resultados exitosos, es efectiva y práctica; sin embargo, se debe promover un mayor equilibrio entre estructuras masculinas y femeninas; por lo que es posible obtener semilla viable a bajo costo, especialmente si se utilizan dosis bajas de $AG_{4/7}$ en combinación con anillado del tronco. Estos tratamientos pueden ser útiles en programas operativos de producción de semilla de *P. menziesii*.

Referencias bibliográficas

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2022. Árboles de Navidad naturales y mexicanos, ¿por qué elegirlos? https://www.gob.mx/conafor/articulos/arboles-de-navidad-naturales-y-mexicanos-por-que-elegirlos

Muñoz-Gutiérrez, L., J. J. Vargas-Hernández, J. López-Upton y N. Gutiérrez-Rangel. 2010. Inducción de estructuras reproductivas en *Pseudotsuga menziesii.* Agrociencia 44: 835 - 847.

Muñoz-Gutiérrez, L. y S. I. Velasco-Hernández. 2023. Estimulación de la floración en árboles de Navidad de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Ciencia y Tecnología para un campo productivo y sustentable. pp. 1524-1535.

Muñoz-Gutiérrez, L. 2024. Aplicación de anillado en el tronco y ácido giberélico para inducir la floración temprana en pinabete. Ficha de tecnología generada en 2024. CENID COMEF, INIFAP. 2 p.

Owens, J. N. 1973. The reproductive cycle of Douglas-fir. Pacific Forest Research Centre, Victoria, B.C. 24 p.

ESTIMACIÓN DE VOLUMEN FUSTAL PARA *Pinus jaliscana*

Geraldine García-Espinoza[1], Arturo Reyes-Talavera[1], Jonathan Hernández-Ramos[2]*, J. Jesús García-Magaña[1] y Enrique Buendía-Rodríguez[3]

[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Paseo de la Revolución No. 1, Col. E. Zapata, 60180, Uruapan del Progreso, Michoacán de Ocampo.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010, Celaya, Gto., México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México, Carretera Texcoco de Mora-Los Reyes Km.13.5, Texcoco de Mora, Coatlinchán, 56250 Texcoco de Mora, Méx.
*Autor para correspondencia: forestjonathanhdez@gmail.com

Palabras clave: *Manejo forestal sustentable, Especie endémica, Modelos estadísticos no lineales*.

Introducción

En Jalisco, México, existe una zona de importancia en la evolución del género *Pinus* donde se desarrollan dos especies endémicas: *Pinus jaliscana* Pérez de la Rosa y *Pinus georginae* Pérez de la Rosa. Por ello, es impostergable realizar un plan integral de conservación y desarrollo forestal para ambas especies. *Pinus jaliscana* se encuentra catalogado en peligro de extinción (P), según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), por ende, no es permitido su aprovechamiento maderable en las zonas donde se distribuye de manera natural. Sin embargo, en Jalisco, los problemas de cambio de uso de suelo y deforestación ilegal han incrementado hasta en un 50% en el periodo 2002-2007, afectando especies con algún estatus de protección. La dificultad que enfrentan técnicos y autoridades para estimar las pérdidas resultantes de la tala ilegal y los siniestros, así como las existencias reales de especies amenazadas, hacen necesario el desarrollo de herramientas estadísticas que hagan la determinación de los volúmenes de manera rápida y precisa. Las ecuaciones de volumen son una de las principales herramientas para conocer de manera confiable las existencias reales de un bosque y realizar un manejo sostenible, así como para la gestión forestal, la comercialización de productos leñosos, bonos de carbono y la investigación (Velasco *et al*., 2006; Rondeux, 2010), sin embargo, en la actualidad enfoques distintos como Random Forest, redes neuronales o machine learning, se han utilizado de manera satisfactoria. Por lo anterior, el objetivo fue contrastar el volumen fustal (*Vf*, m^3) estimado para *Pinus jaliscana* a través de modelos clásicos no lineales contra modelos de aprendizaje automatizado Random Forest.

Materiales y métodos

El área de estudio comprende una extensión territorial de 160 ha repartidas al norte del ejido Concepción del Bramador ("La Concha"). La zona de trabajo abarcó también dos propiedades privadas y una zona en los límites del ejido El Limoncillo, todas ubicadas dentro del municipio de Talpa de Allende, Jalisco, México. El área corresponde a la provincia fisiográfica de las sierras de la costa de Jalisco y Colima, mismas que son parte de las zonas de transición entre La Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y La Sierra Madre del Sur. El terreno tiene una altitud que va de los 900 a los 1100 m, las pendientes abarcan un rango de 31 a 60%, además, se observaron inclinaciones de 11 al 30%.

Los volúmenes por árbol se obtuvieron mediante un método no destructivo que consistió en medir 78 árboles representativos la altura total (At, m) y los diámetros (*di*) a diferentes alturas (*Ai*) con el dendrómetro electrónico Criterion RD1000®, para el diámetro normal (dn, cm) y diámetro del tocón (dt, cm) se utilizó una forcípula de aluminio.

Con la información de *d* y *At* se estimó el *Vf* calculado por secciones y se ajustaron en R® versión 4.5.1 a través de mínimos cuadrados no lineales (MCNL) los modelos de Schumacher (1), Spurr (2) y Husch (3) (Ramos *et al*., 2014); y dos expresiones de Random Forest (4 y 5) (Xu *et al.,* 2024). El desempeño estadístico y precisión se analizaron mediante la raíz del cuadrado medio del error (RCME), el coeficiente de determinación (R^2) y el Sesgo (E). Este proceso de ajuste de los modelos se realizó con una muestra de 62 árboles, dejando 15 restantes para la validación. La validación se realizó con dos enfoques, el primero fue con una muestra independiente con 15 pares de datos independientes al entrenamiento los cuales se evaluaron mediante R^2, error medio absoluto (EMA) y E, se graficó la distribución del error. Y en el segundo, se utilizó validación simple mediante 200 iteraciones evaluando la distribución del error e identificando la variación de la RCME.

Resultados y discusión

Los valores estadísticos del ajuste indican que los modelos que utilizan MCNL explican en promedio el 96.13% de la variabilidad muestral (R^2) del *Vf* y tienen un valor en la RCME de 0.1366 m^3, mientras que, las dos estructuras de Random Forest el 98.51% y una desviación global de 0.0846 m^3. Al contrastar el *Vf* predicho *versus* los estimados por las cinco expresiones, se identifica que Random Forest es la que más se apega a la línea recta (Figura 1a) y mejora los problemas de heterocedasticidad (Figura 1b) por lo que el segundo enfoque de análisis se decidió validar como el mejor.

La validación con la muestra independiente señala valores de R^2, RCME y MAE de 0.9894, 0.721 y 0.0526, respectivamente, y un intervalo de distribución del error de estimación entre -0.125 y 1.75 (Figura 1c). En la validación simple con 200 iteraciones se observan distribución del error cercano de cero y un valor de RCME entre 0.03 y 0.11 m^3 para la muestra de validación (Figura 1d). La R^2 resultado de la validación del modelo están por arriba de 0.9, por lo que cumple con lo expresado por diferentes autores quienes plantean que en este tipo de estudios el modelo es satisfactorio cuando el coeficiente es >0.8 (Quiñonez *et al.,* 2012).

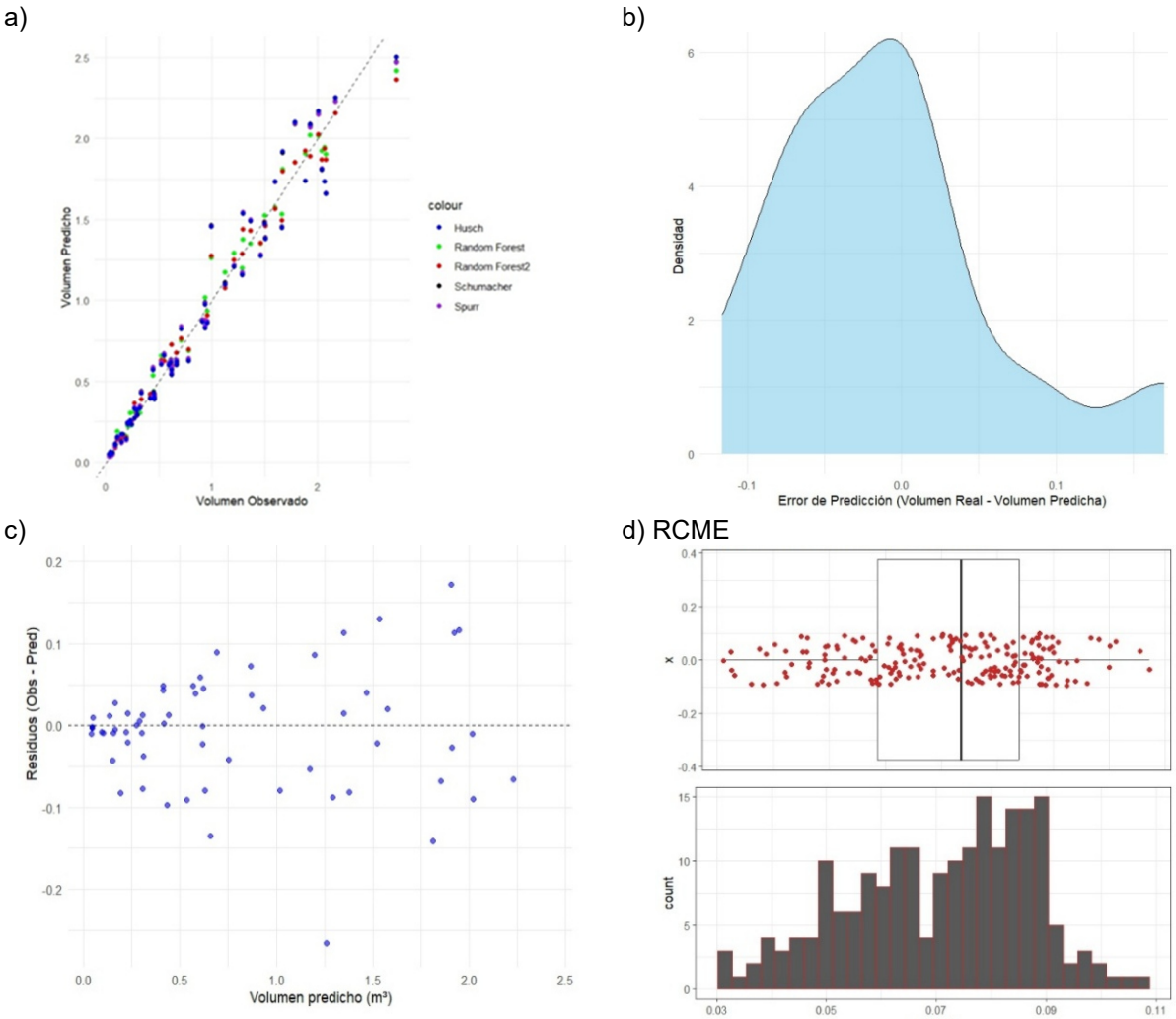


Figura 1. a) Valores estimados *versus* predichos de volumen fustal (Vf, m^3) con las cinco expresiones ajustadas. b) Distribución del error de predicción de datos independientes con los cuales se realizó la validación. c) Distribución de residuales de Random Forest. d) Error y valor de la RCME de la validación simple a través de la simulación de 200 iteraciones.

Conclusiones

El empleo de las expresiones de Random Forest mejoran notablemente los problemas de heterocedasticidad y los valores tienen cercano apego a la recta en contraste con los modelos clásicos de volumen, ello representa una alternativa viable la utilización de técnicas de aprendizaje automatizado (Random Forest) para la estimación de volumen maderable. De igual manera, la validación simple por medio de interacciones representa una opción en el manejo de información cuando la muestra es pequeña.

Referencias bibliográficas

Quiñónez, B. G., F. Cruz C., B. Vargas L. y F. J. Hernández. 2012. Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 3(9): 23-39. DOI: 10.29298/rmcf.v3i9.535.

Ramos, U J. A., J. J. García M., J. Hernández R., X. García C., J. C. Velarde R., H. J. Muñoz F. *et al.* 2014. Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de Pinus de la Sierra Purépecha, Michoacán. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(23): 92-109.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México.

Velasco, B. E., S. Madrigal H.; I. Vázquez C.; A. González H.; F. Moreno S. 2007. Tablas de volumen con corteza para *Pinus douglasiana* y *P. pseudostrobus* del Sur Occidente de Michoacán. INIFAP. Ciencia Forestal en México. Vol. 32(101), pp: 93-116.

Xu, Q., F. Yang, S. Hu, X. He and Y. Hong. 2024. Tree Height–Diameter Model of Natural Coniferous and Broad-Leaved Mixed Forests Based on Random Forest Method and Nonlinear Mixed-Effects Method in Jilin Province, China. *Forests*, 15(11): 1922. https://doi.org/10.3390/f15111922.

Agradecimientos y fuente financiera

Se externa el agradecimiento a las autoridades del Ejido “Concepción del Bramador” y a los de dos propiedades privadas y los límites del Ejido “El Limoncillo”, ubicados en el municipio de Talpa de Allende, Jalisco, México.

EVALUACIÓN DE PROGENIES DE TERCERA GENERACIÓN DE *Pinus patula* Schl. et Cham. EN VIVERO

Elba Olivia Ramírez-García[1]*, Omar De la cruz-Palafox[2], Lilia del C Mendizábal-Hernández[1], Juan Alba-Landa[1] y Juan Márquez-Ramírez[1]

[1]Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana. Parque Ecológico "El Haya", Carretera Antigua a Coatepec, 91073. Xalapa-Enríquez, Ver., México.
[2]Universidad Veracruzana. Facultad de Biología, Región Xalapa. Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Ver., México.
*Autor para correspondencia: elramirez@uv.mx

Palabras clave: *Crecimiento, Plántula, Variación, Reforestación.*

Introducción

Los estudios en vivero del crecimiento inicial de plántulas de especies forestales aportan datos para conocer el estado de la variación de éstas, como base para un manejo adecuado de los genes, entendiendo que el manejo es un concepto en el qué queda implícito el uso, conservación y posible restauración, permitiendo mantener la biodiversidad y los servicios ambientales que proporcionan. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2023) reportó que la superficie forestal de México disminuyó en el periodo 2010 a 2020, con una tasa de deforestación promedio de 125 mil hectáreas por año. Por lo tanto, es crucial seguir realizando acciones para mitigar estas cifras. Las evaluaciones de plántulas y árboles permiten hacer una correlación del comportamiento de individuos provenientes de una población con cierto grado de selección y cruzas. La estimación del crecimiento inicial de planta producida en vivero se considera el punto de partida fundamental para llevar a cabo programas de reforestación ya que determina significativamente el éxito de una plantación forestal. En México, la supervivencia promedio de las reforestaciones es alrededor de 50% al año de plantado (Burney *et al*., 2015), donde las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, labores culturales, el clima, así como la información genética de la semilla son factores que afectan sustancialmente su aclimatación, sobrevivencia y crecimiento. El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de evaluar las diferencias en el crecimiento entre la progenie de tercera generación de 34 familias en un huerto semillero de *Pinus patula* schl et cham, ubicado en Orizaba, Veracruz, México.

Materiales y métodos

Para el presente estudio, las plántulas se obtuvieron de semillas colectadas de un huerto semillero de *Pinus patula* de segunda generación, establecido en Orizaba Veracruz en 1992, cuya fuente es de Sudáfrica, por lo que las plántulas evaluadas conforman la tercera generación.

El ensayo se estableció en el vivero forestal de la Comisión Nacional Forestal ubicado en Bulevar Xalapa-Banderilla Km 5.5. La zona presenta un clima semicálido húmedo con lluvias todo el año, con una temperatura promedio de 18°C; precipitación promedio de 1,500 mm y altitud de 1,600 msnm.

Las semillas se pusieron a germinar en febrero de 2022 en el laboratorio de Germoplasma Forestal del Instituto de Investigaciones Forestales. En el mes de julio del mismo año las plántulas se llevaron al vivero y se trasplantaron en bolsas negras de 15 cm x 25 cm. Como sustrato se utilizó tierra de monte, con el fin de inducir micorrización. El diseño experimental en el vivero fue completamente al azar.

La evaluación de la planta de vivero se realizó con un tamaño de muestra de 20 plantas seleccionadas al azar de 34 familias (progenie de un mismo árbol) en total 680 plantas, a las cuales se tomaron seis evaluaciones, a partir del mes de ser llevada al vivero, cada dos meses.

Las variables evaluadas fueron: altura total de la plántula que se tomó desde la base del tallo hasta la yema apical y diámetro basal del tallo. Con estos valores se realizaron estadísticas descriptivas para cada variable, utilizando el paquete Statistica (Stat Soft, 2010) y análisis de varianza para determinar diferencias estadísticamente significativas entre las familias mediante el procedimiento GLM.

Para este análisis se utilizó el siguiente modelo estadístico: $Y_{ij}= \mu + F_i + \varepsilon_{ij}$; Donde: Y_{ij} = variable respuesta, μ = media general, F_i = efecto del i-ésimo nivel del factor familia y ε_{ij} error experimental. Se realizó comparación de medias por el método de Tukey al 95% de confiabilidad.

Resultados y discusión

Se determinó que en los meses de abril y junio ocurrió un repunte en crecimiento de la plántula por familia, obteniendo para la altura en el mes de junio un valor máximo de 44.4 cm y un mínimo de 5.9 cm y desviación estándar de 6.05, para un diámetro un máximo de 5.6 mm y mínimo de 0.99 mm con una desviación estándar de 0.718.

Se comprobó la existencia de diferencias significativas en el crecimiento de las plántulas entre las familias ($p \leq 0.05$), en todos los periodos de evaluación. Debido a que las plantas obtuvieron las mismas labores culturales en vivero, es probable que las diferencias en el crecimiento entre familias se deban a la interacción de la calidad genética que heredaron de sus progenitores y a las condiciones ambientales del sitio.

Estudios con *Pinus pseudostrobus* (Rodríguez *et al*., 2020) y *Pinus patula* (Pérez *et al*.,2024) reportan diferencias significativas entre familias en la evaluación de estas características. En la comparación de medias de todos los periodos de evaluación (Figura 1), se puede observar la superioridad de las familias 26 y 28, (grupos kl y l) diferenciándose en el mes de junio, esta última alcanzando el mayor promedio en altura (29.27 cm, contrastando con el grupo de crecimiento más bajo formado por las familias 1, 5 y 25 (grupos a y ab) cuyos valores promedios fueron de 13.36 cm, 14.15 cm y 14.71 cm respectivamente, para el diámetro las familias 22 y 28 (grupo j) presentaron el mayor promedio (3.44 mm y 3.47 mm) y las familias 1 y 4 (grupo a y ab) el menor promedio (2.0 mm y 2.05 mm).

Pérez *et al*. (2024) reportaron para esta especie, una altura y diámetro promedio de 2.6 y 3.2 mm a los 7 meses de edad; Pineda *et al*., (2020), reportaron para *Pinus ayacahuite* a los 12 meses de edad un promedio de 16.2 cm de altura y 3,7 mm de diámetro y Villegas (2016) para *Pinus pseudostrobus* a los 10 meses de edad un promedio de 20.7 cm de altura y 4. 8 mm de diámetro.

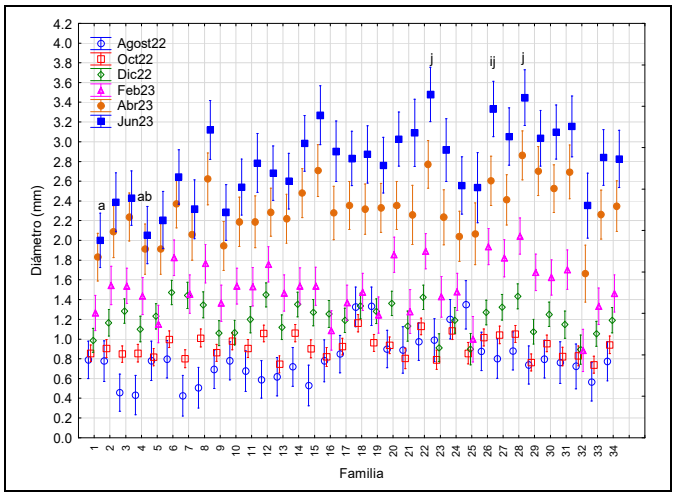


Figura 1. Comparación de medias en todos los periodos de evaluación de *Pinus patula* (Las letras son los grupos resultado de la prueba).

Conclusión

La variación contenida en las plántulas de las 34 familias evaluadas en vivero prueba la existencia de diferencias entre familias. La familia 28 tiene el mejor desarrollo, lo que indica que en términos de crecimiento, se considerará para una selección futura, si es que se mantiene una correspondencia entre plantas juveniles y adultas, aumentando así la productividad forestal al utilizar árboles con mayor crecimiento.

Referencias bibliográficas

Burney, O. A. Aldrete, R. Álvarez R., J. A. Prieto R, J. R. Sánchez V. y G. Mexal J. 2015. México: Addressing challenges to reforestation. Journal of Forestry 113:404–413. DOI: https://doi.org/10.5849/jof.14-007

Comisión Nacional Forestal. 2023. Estado que guarda el Sector Forestal en México. México. 524 p. https://snif.cnf.gob.mx/

Pérez, L. A., J. López U., J. A. Prieto R. y R. E. Madrid A. 2024. Supervivencia y control genético sobre características fenotípicas de un ensayo de progenies de *Pinus patula*. Revista fitotecnia mexicana, 47(3), 301-310. https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.301

Villegas, J. D., E. Rodríguez O., E. Chávez S., J. R. Enríquez del V. y J. Carrillo R. 2016. Variación del crecimiento en vivero entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lindl.. Gayana. Botánica, 73(1): 113-123. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432016000100013

Pineda, O. T., E. Flores A., A. Flores G., E. Buendía R., V. Guerra de la C., y F. Islas G. 2020. Calidad de planta de seis especies del género *Pinus* producidas en bolsas de polietileno. Revista Mexicana De Ciencias Forestales, 11(62). https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i62.809

Rodríguez, O. G., R. D. Aragón P., J. R. Enríquez del V., A. Hernández H., W Santiago G., y G. V. Campos A. 2020. Calidad de plántula de progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* lindl. var. oaxacana del sur de México. Interciencia, 45(2):96-101. [fecha de Consulta 23 de junio de 2025]. ISSN: 0378-1844. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962521007

EFICIENCIA DE HONGOS ECTOMICORRÍCICOS COMESTIBLES (*Suillus* spp.) EN LA PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO DE *Pinus patula* EN VIVERO

Lucero Suárez-Villegas[1], Gabriela Sánchez-Viveros[1*], Jesús Pérez-Moreno[2], Magdalena Martínez-Reyes[2] y Carlos Roberto Cerdán-Cabrera[1]

[1]Universidad Veracruzana. Posgrado en Ciencias Agrícolas y Forestales. Facultad de Ciencias Agrícolas. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. C. P. 91000. Xalapa, Veracruz. México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.
*Autor para correspondencia: gabsanchez@uv.mx

Palabras clave: *Coníferas, Inoculación, Hongos comestibles*.

Introducción

Pinus patula es una conífera endémica de México, de gran importancia ecológica y económica, caracterizada por su rápido crecimiento y capacidad de adaptación a diferentes altitudes. En el sistema radical de las coníferas se establece una compleja red de interacciones con diversos microorganismos, entre los cuales destacan las ectomicorrizas, asociaciones simbióticas cruciales que se forman entre las raíces de las plantas y las hifas de hongos, principalmente de los grupos Basidiomycota y Ascomycota. Los hongos ectomicorrícicos juegan un rol importante en los ecosistemas forestales. Algunos de ellos se emplean con fines medicinales y algunos otros son utilizados como fuente de alimento e ingreso económico, convirtiéndose en productos forestales no maderables de aprovechamiento para algunas comunidades. México alberga más de 500 especies comestibles de hongos, entre los cuales destacan diversos géneros entre ellos *Suillus*, caracterizado por su capacidad para colonizar a las plantas en estadios tempranos. Estas asociaciones ectomicorrízicas juegan un papel fundamental en el funcionamiento y supervivencia de especies forestales, al facilitar la absorción y el transporte de nutrientes y agua, además, de proteger a las plantas de factores de estrés abiótico. Se estima que alrededor de 60% de los árboles en la tierra presentan raíces colonizadas por hongos ectomicorrízicos, lo que sugiere la absorción de hasta 75% de fósforo (P) y 80% de nitrógeno (N) necesario para su desarrollo. Asimismo, las ectomicorrizas estimulan el crecimiento vegetal, mejoran la tasa fotosintética e incrementan significativamente la supervivencia de las plantas durante el trasplante (Rosinger *et al*., 2018; Pérez *et al*., 2020). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la eficiencia de hongos ectomicorrízicos comestibles en la promoción de crecimiento de planta forestal de *P. patula* en condiciones de vivero.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Vivero Forestal de la Universidad Veracruzana, *campus* Xalapa, Veracruz. Las semillas de *P. patula* fueron donadas por el Módulo Integral Forestal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, las cuales se recolectaron en la localidad de Coxmatla, Xico, Ver., en el año 2023. La recolección de esporomas maduros del género *Suillus* se realizó en los meses de agosto y septiembre de 2024, en la localidad de Las Vigas de Ramírez, Veracruz. Para la elaboración del inóculo, el estípite se separó del píleo y se retiró el himenio. Posteriormente, se pesó en una balanza granataria y se molió con agua destilada estéril en una proporción 1:1, utilizando una licuadora convencional previamente desinfectada con alcohol. Finalmente, el inóculo se depositó en frascos de vidrio y se almacenó a 5ºC hasta su uso para mantener la viabilidad. Las semillas se germinaron el 7 de noviembre de 2024 en charolas de plástico negro con sustrato a base de arena estéril, empleando la técnica de al voleo. A los 33 días después de la germinación (DDG), las plántulas se trasplantaron a tubetes de plástico negro de 310 mL, previamente lavados y desinfectados con alcohol etílico 96ºG.L., que contenían una mezcla de sustrato estéril (arena de río, corteza de pino composteada y suelo de monte) en proporción 2:2:1, esterilizado con vapor de agua a 1.3 kg/cm^2 a 125ºC por 4 horas. Al momento del trasplante se realizó la inoculación con tres especies del género *Suillus*, las cuales están en proceso de identificación y fueron etiquetadas como Sp1, Sp2 y Sp3. La inoculación se realizó a una concentración entre 10^7 a 10^8 esporas, determinadas en una cámara de Neubauer. Para prevenir el "*damping-off*", se aplicó el fungicida Captan, en una solución de 2 g/L cada tercer día durante tres meses. En condiciones de invernadero se evaluaron los parámetros morfológicos a los 73 y 200 días después del trasplante (DDT). Las variables evaluadas fueron: altura (cm) en ambos tiempos, y diámetro del cuello de la raíz (mm) medido únicamente a los 200 DDT.

Se aplicó un diseño factorial completo, con cuatro tratamientos, consistentes en la inoculación de 3 mL de inóculo por planta con cada una de las tres especies de *Suillus* y plantas no inoculadas, con 35 repeticiones originando un total de 140 unidades experimentales (una planta por unidad). Los datos resultantes se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias Tukey (p=0.05) con el software estadístico R Studio (R Core Team, 2025).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio reflejan diferencias significativas entre los tratamientos inoculados y las etapas de evaluación. En la primera evaluación (73 DDT) se registró diferencia significativa entre los tratamientos, por ejemplo, el tratamiento etiquetado como Sp2 registrando valores de 4.71 cm en comparación con los demás tratamientos que presentaron un comportamiento similar entre sí (Figura 1a). Posterior a 127 días de la primera evaluación se observó un incremento superior a 100% en los tratamientos inoculados con hongos ectomicorrícicos comestibles del género *Suillus*, cuyos valores en altura fueron hasta 32 cm. Asimismo, se destacan los tratamientos Sp1 y Sp2 que mostraron un comportamiento similar sin registrar diferencias significativas entre ellos, pero sí en relación con Sp3 y el testigo (Figura 1b). En cuanto al diámetro del tallo, las plantas inoculadas con Sp1 y Sp2 mostraron un comportamiento similar, al mejorar el incremento del diámetro del cuello de la raíz, mientras que Sp3 y el testigo no registraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 1). Estos resultados resaltan el alto potencial que presentan los tratamientos inoculados con *Suillus* (Sp1 y Sp2) para mejorar el crecimiento y desarrollo de *Pinus patula*, lo que podría reducir el tiempo en etapa de vivero, así como disminuir los costos de insumos y generar una mayor producción en menor tiempo. El género *Suillus* es caracterizado por ser una especie comestible, por su capacidad para formar asociaciones ectomicorrícicas con especies forestales y por su capacidad para colonizar en estadios tempranos lo que favorece la supervivencia y el desarrollo de las plantas al facilitar una mayor absorción y transporte de nutrientes (Galindo *et al*., 2015). Por lo tanto, podríamos inferir que la asociación del género *Suillus* mejora el crecimiento de las plantas de *Pinus patula*. Por su parte, Pérez *et al*. (2020) hicieron una recopilación de numerosos estudios en los que se ha documentado los múltiples beneficios que derivan de la asociación simbiótica entre las ectomicorrizas y las especies forestales, donde se destaca el efecto positivo de la inoculación sobre el crecimiento y desarrollo de coníferas, lo que contribuye a una mayor supervivencia de las plantas. Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que la inoculación de hongos ectomicorrícicos comestibles del género *Suillus* representa una alternativa viable para mejorar el rendimiento y supervivencia de plantas de *P. patula* en etapa de vivero. Además, de la importancia de obtener plantas con mayor altura y diámetro, en un futuro se vislumbra el amplio potencial para la obtención de esporomas, las cuales podrían representar una fuente de ingreso para algunas comunidades y también destinarse para autoconsumo. Asimismo, se busca promover y fomentar el uso de especies endémicas de alto valor ecológico y económico para la restauración de bosques.

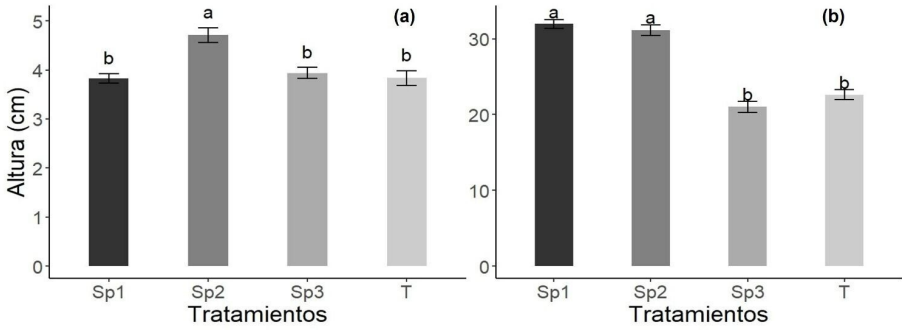


Figura 1. Altura de las plantas de *Pinus patula*: (a) evaluación a los 73 días después del trasplante y (b) evaluación a los 200 DDT, donde Sp1, Sp2 y Sp3 corresponden a tres especies distintas de *Suillus* sp.; T = testigo (plantas no inoculadas). Valores promedio ± error estándar de la media n=35, según Tukey (p≤0.05). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 1. Efecto de la inoculación ectomicorrízica en el diámetro del tallo a los 200 días después del trasplante.

Tratamiento	Diámetro (mm)
Sp1	2.7 ± 0.04 a
Sp2	2.53 ± 0.04 a
Sp3	2.31 ± 0.07 b
Testigo	2.32 ± 0.05 b

Valores promedio ± error estándar de la media n=35, según Tukey (p≤0.05). Letras diferentes indican diferencia significativa entre tratamientos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la inoculación líquida de hongos ectomicorrízicos comestibles del género *Suillus* generan un efecto positivo con *Pinus patula*, favoreciendo el crecimiento en altura y diámetro de las plantas en condiciones de vivero. Destacan los tratamientos Sp1 y Sp2 por su eficiencia para mejorar la altura y diámetro de las plantas en periodos más cortos, lo que, en consecuencia, podría mejorar los sistemas de producción de planta en etapa de vivero de *Pinus patula,* una especie de importancia ecológica y económica en el sector forestal. No obstante, el análisis de otros parámetros para determinar índices de calidad aún está en curso y, por limitaciones de tiempo, no se pudieron incluir en este resumen.

Referencias bibliográficas

Galindo, F. G., C. Castillo G., A. Campos L., y C. Lara. 2015. Caracterización de las ectomicorrizas formadas por *Laccaria trichodermophora* y *Suillus tomentosus* en *Pinus montezumae*. Botanical Sciences, 93(4): 855–863. https://doi.org/10.17129/botsci.200

Pérez, M. J., A. Guerin L., R. Flores A., y F. Q. Yu. (Eds.). 2020. Mushrooms, Humans and Nature in a Changing World: Perspectives from Ecological, Agricultural and Social Sciences. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37378-8.

Rosinger, C., H. Sandén, B. Matthews, M. Mayer, y D. Godbold. 2018. Patterns in Ectomycorrhizal Diversity, Community Composition, and Exploration Types in European Beech, Pine, and Spruce Forests. Forests, 9, 445. https://doi.org/10.3390/f9080445

Agradecimiento y fuente financiadora

El primer autor agradece el financiamiento de la SECIHTI por la beca otorgada y el apoyo del proyecto ENASAS_2025_29.

VARIABLES BIOCLIMÁTICAS WORLDCLIM *VS* NORMALES CLIMATOLÓGICAS 1991-2020 PARA LA COBERTURA FORESTAL EN LA CORDILLERA COFRE DE PEROTE – PICO DE ORIZABA

Víctor Soto[1]*, Erendira Roman[2] y José Ángel Bonilla-Osorio[3]

[1]Universidad Veracruzana, Centro de Ciencias de la Tierra,. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N Edificio B Col. Zona Universitaria. C.P. 91090. Xalapa, Ver., México.
[2]Universidad Veracruzana, Maestría en Ciencias del Ambiente. Carretera Tuxpan-Tampico Kilómetro 7.5, Universitaria, 92870 Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver.
[3]Universidad Veracruzana, Facultad de Instrumentación Electrónica, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N Edificio B. C.P. 91090. Xalapa, Ver., México
*Autor para correspondencia: visoto@uv.mx

Palabras clave: *Distribución forestal, Barrera montañosa, Cambio climático.*

Introducción

El cambio climático es una de las problemáticas más alarmantes de la actualidad, entre sus principales consecuencias se encuentran las alteraciones en los ecosistemas, tales como los cambios en la estructura y funcionamiento o en la distribución geográfica de las especies que los conforman. En relación con la distribución geográfica, en los últimos años se han observado desplazamientos latitudinales y/o altitudinales en la distribución habitual de distintos hábitats de especies (tanto animales como vegetales), por lo que se ha incrementado el número de trabajos de modelado de distribución de especies para fines de conservación y preservación. Sin embargo, en la gran mayoría de estos trabajos se han utilizado las 19 variables bioclimáticas de WorldClim, las cuales fueron elaboradas a partir de la interpolación de las normales climatológicas del periodo 1970-2000, por lo que se trata de datos climáticos no vigentes en la actualidad. Paralelo a esto, Escobar *et al*. (2017) identificaron que existen discontinuidades en los valores entre pixeles en las capas ráster en las que interactúan la temperatura y la precipitación; estas son la temperatura media del trimestre más húmedo (BIO8), temperatura media del trimestre más seco (BIO9), precipitación del trimestre más cálido (BIO18) y precipitación del trimestre más frío (BIO19). Por la suma de lo anterior, se trata de trabajos que intentan modelar la cobertura potencial de especies, con factores climáticos determinantes para su distribución que son calculados con base en normales climatológicas ya obsoletas con una variación de tiempo de 30 años en el mejor de los casos, aunque en términos estrictos, se tratan de variables estimadas al año 1985 en promedio; es decir, con datos de hace 40 años. A pesar de la variabilidad de los patrones del clima actuales con respecto a décadas previas, se pretende que esos resultados sobre el modelamiento de especies sean considerados como vigentes, lo cual dista mucho de la realidad; sobre todo, si se considera que, de acuerdo con González *et al.* (2010), los cambios en el régimen térmico y pluvial repercuten directamente y de manera negativa en los ecosistemas, lo que trae consigo un desequilibrio, entre ellos los de las especies forestales de sistemas montañosos.

Por lo anterior, el objetivo fue realizar un análisis comparativo entre las capas base de temperatura media anual (BIO1) y precipitación anual (BIO12) de WorldClim para la cordillera Cofre de Perote – Pico de Orizaba, con respecto a nuevas capas elaboradas con datos de normales climatológicas actuales (1991-2020).

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se seleccionó a partir de la propuesta de Soto *et al*., (2024) en la que se resalta la importancia de esta pequeña cordillera que cuenta con una superficie de 2949 km^2 en las que se encuentran tres de las cimas más representativas de México: el Pico de Orizaba (5610 msnm), volcán Sierra Negra (4580 msnm) y Cofre de Perote (4200 msnm). Además, esta cordillera representa una barrera orográfica que divide la ladera del Golfo de México (vertiente barlovento) con la Meseta Central Mexicana (vertiente sotavento), con distintas condiciones climáticas y diversidad de ecosistemas.

Selección de estaciones climatológicas. Se obtuvo la base de datos de las estaciones climatológicas del sistema meteorológico nacional, de donde se seleccionaron las estaciones climatológicas en operación que se encontraran al interior del área de estudio o zonas aledañas, y contaran con las normales climatológicas 1991–2020. Adicionalmente, se añadieron dos estaciones pertenecientes al Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana, de las cuales se obtuvieron los valores de temperatura, así como de la variable pluvial.

Ajuste de datos a nivel del mar. Se calculó el gradiente altitudinal siguiendo la metodología propuesta por Soto y Cervantes (2022) mediante la ecuación de regresión lineal por mínimos cuadrados (Ec.1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad \text{(Ec.1)}$$

En donde β_0 representa la magnitud del cambio en la temperatura o la precipitación con respecto a la altitud del terreno (Soto y Cervantes, 2023); es decir, el gradiente de temperatura del área de estudio. En el caso de la precipitación se calculó un gradiente para la vertiente barlovento y otro para la vertiente sotavento, considerando el efecto Foehn. Posteriormente, se realizó la interpolación espacial de los valores mediante el método de distancia inversa ponderada, para la cual se proyectaron los datos a un mismo plano (a nivel de mar), mediante las siguientes ecuaciones (Ec.2 y Ec.3):

$$T_{Cor} = T_{EC} + \left(\nabla(Z_{Cor} - Z_{EC})\right) \quad \text{(Ec.2)}$$

$$P_{Cor} = P_{EC} + \left(\nabla(Z_{Cor} - Z_{EC})\right) \quad \text{(Ec.3)}$$

En donde T_{Cor} y P_{Cor}representan la temperatura y precipitación corregidas respectivamente, T_{EC} y P_{EC} el valor de la temperatura y precipitación medido por la estación climatológica, ∇ el gradiente altitudinal, Z_{Cor} la altitud corregida a nivel del mar y Z_{EC} la altitud real de cada estación climatológica.

Modelamiento tridimensional y elaboración de la capa ráster de la BIO1 y BIO12. Con los valores corregidos al nivel del mar, se realizó el modelamiento tridimensional, aplicando el gradiente de temperatura sobre la superficie interpolada y empleando el Modelo Digital de Elevación (DEM) del INEGI con una resolución espacial de 15 mpp, con el fin de ajustar los datos a la altitud real de cada punto (x, y) de la región de interés. Para dicho procedimiento se aplicaron las siguientes ecuaciones (Ec.4 y Ec.5) con base en los procedimientos de Soto y Cervantes, (2023):

$$T_{(x,y)} = T_{Cor} + \left(\nabla\left(Z_{(x,y)}^{DEM} - Z_{Cor}\right)\right) \quad \text{(Ec.4)}$$

$$P_{(x,y)} = P_{Cor} + \left(\nabla\left(Z_{(x,y)}^{DEM} - Z_{Cor}\right)\right) \quad \text{(Ec.5)}$$

En donde $T_{(x,y)}$ y $P_{(x,y)}$ corresponden al valor de la temperatura y precipitación, respectivamente para un pixel, T_{Cor} y P_{Cor} el valor de la temperatura y precipitación corregida al nivel del mar, ∇ el gradiente altitudinal, $Z_{(x,y)}^{DEM}$ es la altitud del pixel en el DEM, y Z_{Cor} el valor de la altitud al nivel del mar. Una vez obtenidas las capas ráster del modelo tridimensional de la cobertura de temperaturas y la precipitación para los 12 meses del año, se procede a la elaboración de las capas ráster de la BIO1 y BIO12 en el programa ArcMap.

Resultados y discusión

Al realizar la comparación de los valores de BIO1 y BIO12 en dos mismos puntos (x,y) en las capas ráster elaboradas y las capas ráster de WorldClim se identificaron diferencias importantes; mientras que los valores de BIO1 y BIO12 de WorldClim presentan diferencias significativas respecto a los valores registrados *in situ* (valores reales); la temperatura y la precipitación de la vertiente de barlovento y sotavento en las capas elaboradas presentaron valores muy semejantes a los verdaderos. Con relación a la temperatura media anual, en el punto con coordenadas 19.604722N, 96.9W, correspondiente a la estación morrena ubicada en el Pico de Orizaba a una altura de 5140 m, se obtuvo un valor de -2.9°C en la capa ráster elaborada, cuando el valor medido por la estación es de -3°C; mientras que el valor reportado para dicho punto en la capa ráster de WorldClim es de 2.71°C. Asimismo, en el punto con coordenadas 19.494483N, 97.147983W, correspondiente a la estación Cofre de Perote, a una altitud de 4200 m se obtuvo un valor de 3.57°C en la capa ráster elaborada, siendo el valor real medido por la estación de 3.9°C; mientras que en la capa de WorldClim se presenta un valor de 6.87°C para ese mismo punto.

Adicionalmente, se realizó la misma comparación para la capa de precipitación anual, correspondiente al Pico de Orizaba. En la capa ráster elaborada se obtuvo un valor de 392.10 mm, siendo el valor medido por la estación morrena" de 408.2 mm y el valor reportado en la capa de WorldClim de 1,827 mm. Del mismo modo, en el punto correspondiente al Cofre de Perote, en la capa ráster elaborada se obtuvo un valor de 769.30 mm, siendo el valor medido por la estación "Cofre de Perote" de 771.40 mm, mientras que en la capa ráster de WorldClim se reporta un valor de 1,665 mm.

Si bien en ambas capas ráster existen diferencias con relación a los valores medidos por las estaciones meteorológicas mencionadas, en las capas ráster elaboradas las diferencias de temperatura media anual para el Pico de Orizaba y Cofre de Perote son de 0.10°C y 0.33°C respectivamente y en la capa ráster de la precipitación anual la diferencia para el Pico de Orizaba y Cofre de Perote en comparación al valor medido por la estación es de 16.10 mm y 2.10 mm respectivamente, por lo que resultan muy semejantes. Contrariamente, en la capa ráster de WorldClim la temperatura es 5.71°C y 2.97°C más alta a los valores medidos *in situ*; es decir, se trata de

valores muy sobreestimados. Por su parte, la diferencias en la precipitación con respecto a los valores reales es de 1418.8 mm y 893.6 mm para el Pico de Orizaba y Cofre de Perote respectivamente, por lo que estas diferencias están, por mucho, sobreestimadas.

Se asume que las diferencias encontradas están relacionadas, en primer lugar, por el uso de datos un tanto obsoletos; en segunda instancia, debido a que, en las capas ráster elaboradas se consideró el ajuste altitudinal del terreno; además, las vertientes de barlovento y sotavento tienen semejanza con los valores reales, debido a que se consideró el efecto Foehn. Por su parte, en las capas de WorldClim, en la variable de precipitación anual existen valores de casi el doble respecto a las condiciones reales, debido a que no considera la altura del relieve y menos aún las diferencias entre vertientes.

Considerando lo anterior, el modelado de nicho ecológico y distribución de especies con datos sobreestimados ocasiona que la idoneidad de hábitat indicada en muchos trabajos no represente un umbral de confort real. Además, es importante recordar que los cambios en los patrones de precipitación y temperatura influyen directamente en la vulnerabilidad de los ecosistemas ante el cambio climático, provocando desplazamientos altitudinales o latitudinales de especies, cambios en la fenología, fisiología y morfología de estas, reducción del índice y productividad de la vegetación, alteraciones en el funcionamiento de los ecosistemas y cambios en los biomas, tales como la de los bosques de alta montaña.

Conclusión

Debido a la gran diferencia que existe entre los valores de la capa ráster de BIO1 y BIO12 de WorldClim con los valores reales, es de esperar diferencias también significativas en las 17 variables bioclimáticas restantes; por lo que es necesario que para el modelamiento de nicho ecológico y distribución de especies se realicen nuevas capas bioclimáticas en las que se consideren datos de un clima vigente ajustado al relieve del terreno.

Referencias bibliográficas

Booth, T. H. 2022. Checking bioclimatic variables that combine temperature and precipitation data before their use in species distribution models. *Austral Ecology*. *47*(7): 1506-1514.

Gonzalez, P., R. P. Neilson, J. M. Lenihan, and R. J. Drapek. 2010. Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology And Biogeography*, 19(6): 755-768.

Soto, V., and J. Cervantes. 2022. The influence of mountainous relief on the vertical gradient of precipitation and pluvial zoning in the central slope of the Gulf of Mexico. *Singapore Journal Of Tropical Geography*. *44*(1): 112-129.

Soto, V., A. Travieso B., N. Soto G. and C. Welsh R. 2024. Severe winter conditions in the Citlaltepetl-Cofre de Perote Mountain range, 2021-2022. *Atmósfera*,*38*.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE FENOTIPOS SUPERIORES DE MAGUEY PULQUERO EN PLANTACIONES DEL ESTADO DE MÉXICO

Sonia Teresa Cruz-Vasconcelos[1*], Carlos Ramírez-Herrera[2], Valentín José Reyes-Hernández[2], Armando Gomez-Guerrero[2] y Nicacio Cruz-Huerta[3]

[1]Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad Maya de Estudios Agropecuarios. Carretera Catazajá-Palenque km. 4 C.P. 29980, Catazajá, Chiapas, México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Posgrado en Ciencias Forestales. C.P. 56230. Montecillo, Estado de México.
[3]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Fisiología Vegetal, C.P. 56230. Montecillo, Estado de México.
[*]Autor para correspondencia: sonia.cruz@unach.mx

Palabras clave: *Agave salmiana* subsp. *crassispina, Agave salmiana* var. *salmiana, Agave salmiana* var. *ferox.*

Introducción

El maguey pulquero (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck) es una especie no maderable de gran importancia ecológica, económica y cultural en las regiones áridas y semiáridas de México. De él se obtienen productos como pulque, pencas, mixiote y larvas comestibles, además ayuda en la conservación del suelo y delimitación de parcelas. Dada su relevancia, su conservación y mejoramiento genético resultan fundamentales por lo que el mejoramiento genético busca desarrollar variedades con mayor valor económico (White *et al*., 2007). En especies forestales, este proceso inicia con la selección fenotípica de individuos sobresalientes para evaluar posteriormente su valor genético mediante el desempeño de su descendencia. Aunque este proceso puede tomar décadas en especies longevas, la identificación temprana de plantas con características deseables puede acelerar significativamente el desarrollo de materiales mejorados (White *et al*., 2007). Por ello, la selección de fenotipos superiores desde etapas juveniles es importante, por lo que el objetivo del presente estudio fue seleccionar fenotipos destacados de *Agave salmiana* en plantaciones ubicadas en San Bartolomé Temascalapa, Estado de México.

Materiales y métodos

Las plantaciones de *Agave salmiana* subsp. *crassispina*, var. *salmiana* y var. *ferox* se establecieron en tres sitios experimentales ubicados en San Bartolomé Actopan, Temascalapa, Estado de México. La zona presenta una temperatura media anual de 15°C, con una mínima promedio de 1.9°C en el mes más frío y una máxima promedio de 26.7°C en el mes más cálido (INEGI, 2009). Cada sitio experimental abarca una superficie de 1.0 ha, con una densidad de plantación de 750 plantas/ha, y los tres taxones de *Agave* se distribuyeron de forma aleatoria. En los años 2016 y 2017 se aplicaron tratamientos diferenciados de fertilización: en el sitio 1 se incorporaron 3.0 kg de cerdaza por planta (con 2.2 g de N, 11.6 g de P y 23.7 g de K); en el sitio 2, 100 g de triple 17 (17-17-17), 121 g de urea (46-00-00) y 182 g de Yara Star (21-17-3); y en el sitio 3 no se aplicó fertilización.

En 2022, a la edad de siete años de las plantas, se evaluaron las variables de crecimiento: altura (cm), diámetro de roseta (cm) y número de pencas. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, con un tamaño de muestra de 30 individuos por taxón en cada plantación.

Los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de Shapiro-Wilk con el procedimiento UNIVARIATE del paquete SAS versión 9.4 para Windows (SAS Institute Inc., 2013) para conocer si los datos cumplían con el supuesto de normalidad. La altura y el diámetro cumplieron con dichos supuestos, no así el número de pencas. Esta última variable se analizó considerando la distribución de Poisson con el procedimiento GLMMIX del paquete SAS versión 9.4 para Windows (SAS Institute Inc., 2013). Las variables, independientemente de si cumplieron o no con los supuestos de normalidad, se analizaron utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + ST_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} es la variable en la i-ésima plantación de la j-ésima taxón de maguey; S_i es la i-ésima plantación; T_j es la j-ésima taxón de maguey; la interacción entre las fuentes de variación; ε_{ij} es el error aleatorio. Se utilizó la prueba de Tukey ajustada para comparar las medias con el procedimiento LSMEANS del paquete SAS (SAS Institute Inc., 2013).

Resultados y discusión

El ANOVA mostró que las variables evaluadas tienen diferencias significativas ($P < 0.01$) entre sitios de plantación. El Cuadro 1 muestra los valores de crecimiento de los tres taxones.

Cuadro 1. Variables de crecimiento de tres taxones de *Agave salmiana*, tres sitios de plantación en San Bartolomé, Temascalapa, Estado de México.

Variable	Plantación	*A. salmiana* subsp. *crassispina*	*A. salmiana* var. *salmiana*	*A. salmiana* var. *ferox*	Promedio	DE
Alturas de plantas (cm)	1	72.5ab	65.3c	75.0a	70.9A	5.0
	2	67.7bc	70.9abc	70. 7abc	69.7A	1.8
	3	50.1d	51.3d	52.8d	51.4B	1.3
	Promedio	63.4AB	62.5B	66.2A		
	DE	11.8	10.1	11.8		
Diámetro de roseta (cm)	1	75.8a	70.7a	76.9a	74.5A	3.3
	2	70.8a	74.3a	74.0a	73.1A	1.9
	3	52.5b	56.2b	53.6b	54.1B	1.9
	Promedio	66.4A	67.1A	68.2a		
	DE	12.3	9.6	12.7		
Número de pencas	1	9.0a	9.5a	9.6a	9.4A	0.3
	2	8.7a	9.5a	8.3a	8.8A	0.6
	3	8.8a	8.2a	8.3a	8.4A	0.3
	Promedio	8.8A	9.1A	8.7A		
	DE	0.16	0.75	0.75		

Medias con letras distintas en una columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$) entre plantación y entre taxones de *A. salmiana*; n=30.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en el crecimiento de los tres taxones de *A. salmiana* evaluados en diferentes plantaciones, lo cual refleja la influencia del ambiente sobre la expresión fenotípica y el potencial genético diferencial entre los taxones.

En el sitio 1, *Agave salmiana* var. *ferox* presentó el mayor desarrollo en altura y diámetro de roseta, lo que evidencia una alta plasticidad fenotípica en condiciones favorables con aplicación de abono orgánico. En el sitio 2, donde se aplicó fertilización química, fue *A. salmiana* var. *salmiana* la que mostró el mejor crecimiento, especialmente en número de pencas y diámetro de roseta. En cambio, en el sitio 3 (sin manejo nutricional) no se registraron diferencias estadísticas entre los genotipos, y los taxones mostraron los valores más bajos, lo que sugiere que la ausencia de fertilización, limitaron el crecimiento general de las plantas. Sin embargo, este comportamiento uniforme bajo condiciones restrictivas puede ser útil para identificar genotipos estables capaces de mantener un desempeño constante bajo estrés ambiental.

Estas respuestas diferenciales entre taxones y sitios están relacionadas con el historial de manejo agronómico. La fertilización ha demostrado ser un factor determinante en el crecimiento de distintas especies del género *Agave*. En *A. lechuguilla*, por ejemplo, la aplicación de nitrato de amonio incrementó el número de pencas desplegadas en *A. cocui* (Díaz *et al*., 2011) y en *A. potatorum*, la fertilización nitrogenada favoreció significativamente el crecimiento en altura (Martínez *et al*., 2012). Estos resultados coinciden con lo planteado por White *et al*. (2007), quienes destacan que el mejoramiento genético en especies perennes como el maguey requiere procesos prolongados que inician con la selección temprana de individuos fenotípicamente superiores, lo que reduce el tiempo necesario para el desarrollo de líneas mejoradas.

Conclusiones

El análisis de crecimiento permitió identificar fenotipos superiores de *Agave salmiana* asociados a condiciones específicas de manejo y ambiente. En particular, *A. salmiana* var. *ferox* en el sitio 1 presentó el mayor desarrollo general, lo que lo posiciona como un candidato destacado para su propagación vegetativa con fines de mejoramiento genético y producción. Asimismo, *A. salmiana* var. *salmiana* mostró buen desempeño en el sitio 2, especialmente en el número de pencas, lo que refuerza su potencial productivo bajo manejo químico. La evaluación fenotípica diferenciada por sitio resalta la importancia de considerar tanto el genotipo como las condiciones de manejo y fertilización en la selección de materiales superiores.

Referencias bibliográficas

Díaz, J. G., G. Rojas Y., Him de F., N. Hernández-de B., E. Torrealba y Z. Rodríguez. 2011. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento en vivero de Cocuy (Agave cocui Trelease). *Revista de la Facultad de Agronomía* 28 (Supl.): 264-272.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía 200. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Temascalapa, México. Clave Geoestadística 15084.

Martínez, R. S., A. Trinidad S., C. Robles, A. Galvis S., T. M. Hernández M., J. A. Santizo R. *et al,* 2012. Crecimiento y sólidos solubles de *Agave potatorum* Zucc. inducidos por riego y fertilización. Revista Fitotecnia Mexicana 35. https://doi.org/10.35196/rfm.2012.1.61

SAS Institute Inc. 2013. SAS/ACCESS® 9.4 Interface to ADABAS: Reference. SAS Institute Inc. Cary, NC, USAp.

White T. L., W. T. Adams and D. B. Neale 2007. Forest genetics. CABI. Oxfordshire. 682 p.

DAÑO DE *Myelobia* sp. EN PLANTACIÓN DE *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn: SITIO EXPERIMENTAL LAS MARGARITAS

Martha Elena Fuentes-López[1]*, Maribel Álvarez-Muñoz[2], Casimiro Ordóñez-Prado[1], Pedro Hernández-Zaragoza[2] y Edna Elena Suárez-Patlán[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, C.P. 74100 Santa Rita Tlahuapan, Puebla.
[2]Prestador de Servicios Técnicos. C. González Ortega No. 25 Col. Centro C.P. 73930 Teteles de Ávila Castillo, Puebla.
*Autor para correspondencia: fuentes.martha@inifap.gob.com

Palabras clave: *Plaga, Afectación de culmos, Plantaciones de bambú.*

Introducción

La preocupación más importante en cualquier sistema de producción orgánica es el control de plagas. En México, la información disponible en la literatura referente a plagas y enfermedades de bambú en el sector agrícola y forestal es escasa. Actualmente, se han identificado dos especies principales que atacan a la especie nativa *Guadua aculeata* Rupr. ex E. Fourn., la primera se refiere a un lepidóptero que pertenece a la familia Crambidae: *Myelobia* sp. y *Cyrtotrachelus* sp, escarabajo de hocico de brazos largos, que pertenece a la familia Curculionidae, ambos a partir de sus larvas. De acuerdo con los registros realizados por Cortez-Barbosa *et al.* (2019), *Myelobia* sp. Se encuentra desde México hasta Sudamérica, y se alimenta tanto de los tallos de bambú y de otras gramíneas, como de la caña de azúcar, planta emparentada con bambú, por sus características similares de desarrollo. El almidón presente en los culmos es la principal característica química para usos industriales como materia-prima y energía, pero resulta un atrayente para los agentes de deterioro como las plagas y enfermedades (Pogue, 2002; Cortez-Barbosa *et al*., 2019). El presente trabajo se realizó con el objetivo de cuantificar el nivel de infestación y porcentaje de daño causado por *Myelobia* sp. en *G. aculeata*.

Materiales y métodos

El estudio se hizo en una plantación comercial de *G. aculeata* establecida en el año 2016 en el predio Las Margaritas, ubicado en los municipios Hueytamalco y San José Acateno, Puebla, México; a una altitud de 510 m, entre las coordenadas geográficas 20° 01´40" N y 97° 18´ 11" W. Presenta clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, temperatura media de 28°C, precipitación media anual de 3,200 mm. El monitoreo de plagas abarcó una superficie de 94.2044 ha de plantación, donde se realizaron recorridos periódicos en las plantaciones y en parcelas fijas (Figura 1a). Durante el mes de agosto de 2024, se establecieron 37 sitios de muestreo sistemático con un seguimiento periódico a lo largo de seis meses para identificar el ciclo de vida de la plaga presente en *G. aculeata*. Se recolectaron insectos y larvas para su identificación, se documentaron las características de los daños y los signos ocasionados por este lepidóptero. Se muestrearon todas las etapas de desarrollo del bambú para evaluar la proporción del daño. En el Cuadro 1 se muestran las diferentes etapas de desarrollo evaluadas, conforme a la edad, apariencia de las plantas y el número de entrenudos muestreados en cada etapa.

Cuadro 1. Detección de plagas en las etapas de desarrollo de la *Guadua aculeata*.

Composición de la plantación (%)	Etapa	Núm. Entrenudos muestreados
10	Rebrotes o renuevo	22
30	Verdes o juveniles	325
55	Maduros o adultos	233
5	Secos o sobre maduros	158

Figura 1. Área de estudio: a) Sitio Experimental Las Margaritas; b y c) Detección de plagas en culmos infestados.

En la detección de plagas se consideraron cuatro culmos o tallos por planta o macollo representativo de cada área muestreada, de un total de 37 macollos y 147 tallos. Todos los tallos muestreados se dividieron en tres secciones de su altura (basal, media y alta), en función de las dimensiones que prevalecieron en el área de muestreo, ya que uno de los propósitos fue determinar la distribución e intensidad del daño en la longitud del culmo (Valbuena-Hernán *et al*., 2008), se definieron las siguientes longitudes por secciones: basal, comprendió de la base del tallo a 7 m de altura, zona donde se tiene la mayor dimensión en diámetro; media, su longitud se definió en el tramo de los 7.01 a los 14 m, en esta parte el diámetro presentó su dimensión media, además de ser la más comercial del culmo; la sección alta, de 14.01 a 20 m o más, corresponde a la parte de menor diámetro (Figura 1b, c). En una hoja Excel se registraron los 37 sitios de muestreo con las variables: edad de la planta (E), estado de desarrollo (EM), sección del tallo (SB), diámetro de base (DB), altura total (AT), número total de entrenudos (NTE), número de entrenudos afectados por plaga (NED), nivel de daño (ND) y observaciones de interés. Con estos parámetros se determinó el nivel de infestación o de daño, calculado de la siguiente forma: **%** ND= (Nº total de tallos afectados/ Nº total de tallos evaluados) *100; mientras que la intensidad de infestación o daño se calculó como: % ID = (Nº total de entrenudos afectados/ Nº total de entrenudos evaluados) *100.

Resultados y Discusión

Se identificó como plaga a *Myelobia* sp. entre otros insectos que afectan la plantación de *G. aculeata.* Los daños generados se detectaron en las cuatro etapas de desarrollo de la planta, con más frecuencia en tallos sobre maduros. En relación con la altura del culmo, se determinó que *Myelobia* sp. ataca en todas las secciones de altura (baja, media y alta), y como lo señala Mendieta-Menjura (2024) barrena un mayor número de entrenudos en un solo tallo, observándose una afectación continua en más de tres entrenudos (Figura 2). La información registrada señala que *Myelobia* sp. causa su mayor daño en el estadio larvario con la perforación de entrada y de salida, lo cual se justifica porque es la etapa en la que obtiene toda su alimentación basada en los azúcares presentes en los entrenudos del culmo, esto incide en su deterioro, reducción en la resistencia mecánica, afectación en su estética y, sobre todo, en la pérdida del valor comercial, que afecta directamente a los productores. Las perforaciones de *Myelobia* sp. se localizan en la parte inferior del entrenudo, por encima de las yemas nodales y las perforaciones de salida se observaron en la parte superior del mismo. El ciclo de vida de *Myelobia* sp. inicia cuando la mariposa adulta deposita los huevecillos (de 1 mm de longitud) sobre el culmo, específicamente en una yema o en un entrenudo, con más frecuencia ocurrió en los entrenudos. Una vez que los huevecillos eclosionan, la larva u oruga recién nacida (de 1 a 2 mm de longitud en su instar inicial) se introduce en el entrenudo realizando un orificio de entrada de aproximadamente 2 mm y antes de iniciarse la etapa pupal, hace otro orificio uniforme de salida de 12 mm que sella con tejido de seda muy fino, y que el adulto destruye al momento de emerger. Posteriormente, la larva construye su cámara pupal con material de desecho y seda, esta etapa duró entre 35 y 40 días. Las larvas miden de 8 a 12 cm de longitud en su estadio final. Se deshace de su piel larval, sin formar un capullo externo y cuando emerge como mariposa presenta una longitud de entre 7 y 8 cm, su duración es de ocho días. Cabe señalar que la perforación de salida coincide en el tamaño del orificio causado por el pájaro carpintero cuando, en busca de alimento, perfora el tallo para consumir la larva. La diferencia estriba en que los agujeros del picoteo no son uniformes. Aunque, el pájaro carpintero realiza un buen control biológico, el daño que causa al bambú, también afecta al culmo al disminuir su calidad, sus propiedades físicas y mecánicas y su valor comercial (Valbuena-Hernán *et al*., 2008).

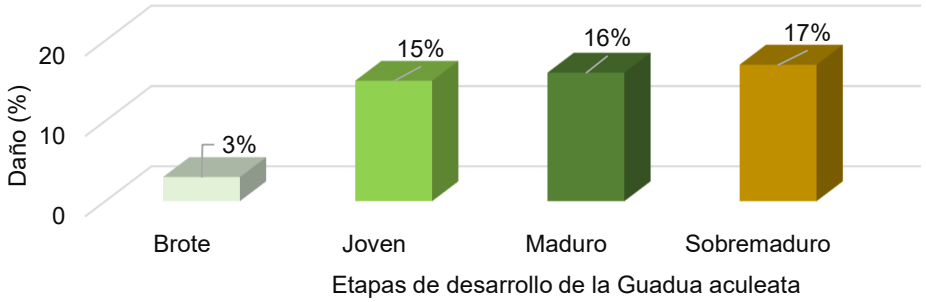


Figura 2. Nivel de infestación acumulada de *Myelobia* sp. por etapa de desarrollo en tallo de *G. aculeata*.

Conclusiones

Myelobia sp. registró proporciones de daño por número de culmos del orden de 16 a 17%, principalmente en ejemplares maduros; sin embargo, la intensidad de infestación fue de 42.5% del culmo en su parte basal, 12.25% en la sección media y 13.5% en la sección alta. El muestreo en 37 sitios de la plantación de *Guadua aculeata* indicó que el porcentaje de infestación en culmos en cada etapa de desarrollo es importante y requiere un control natural eficiente como podas y preaclareo de macollos. Las partes más comerciales del bambú resultaron afectadas, lo que demuestra la importancia del daño que puede causar esta especie de lepidóptero.

Referencias bibliográficas

Cortez-Barbosa, J., E. A. Martines-Morales, K. Arakaki-Higuti, A. C. Lancarovici-Alves, V. Almeida-De Araujo, M. Gava y J. Nivaldo-Garcia. 2019. Tratamientos de preservación de *Bambusa vulgaris* Vittata contra el ataque de *Dinoderus minutus*. Madera y Bosques 25(2) e252550.

Mendieta-Menjura, O. A. (Comp.). 2024. Avances de investigación para la agroindustria panelera. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. AGROSAVIA. 538 p.

Pogue, M. G. 2002. Identity of a sugar cane pest, Scolecocampa mochisa (Schaus), in Mexico, and a new generic synonym (Lepidoptera: Noctuidae). Annals of the Entomological Society of America 95: 653–657.

Valbuena-Hernán, D., M. Jiménez, N., A. Canal, N., E. Galeano, P. y M. Cuadros. 2008. Daño de *Myelobia* sp. (Lepidóptera: Pyralidae) en plantaciones de Guadua angustifolia Kunth en el Departamento de Tolima. Revista Tumbaga 3:54-62.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DEL CONOCIMIENTO FORESTAL EN MÉXICO: APORTACIONES DEL INIFAP

Valeria Martínez-Aquino[1], Edna Elena Suárez-Patlán[2]*, Azucena Olvera-Ortiz[1], Casimiro Ordóñez-Prado[2] y Juan Quintanar-Olguin

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Ingeniería Agroindustrial, km 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. San Martinito, km 56.5 Carretera federal México-Puebla, C.P. 74100, Santa Rita Tlahuapan, Puebla, México.
*Autor para correspondencia: suarez.edna@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Bosques, Bibliometría, Productividad científica, Investigación forestal.*

Introducción

Los bosques constituyen un componente esencial de los ecosistemas terrestres debido a su biodiversidad, además ofrecen una amplia gama de servicios ecosistémicos fundamentales para la supervivencia y el desarrollo humano. Entre estos servicios se incluyen el suministro de recursos como la madera, la regulación del clima, el secuestro de carbono, la producción de oxígeno, la conservación del suelo y del agua, así como la provisión de hábitats para una gran diversidad de especies (Chen *et al*., 2022). En México, la superficie forestal se estima en aproximadamente 138.7 millones de hectáreas, lo que representa cerca de 70.6% del territorio nacional. Esta amplia cobertura convierte al sector forestal en un componente estratégico, que ha sido analizado desde diversas perspectivas: su contribución al PIB nacional es equivalente a 0.99%, su importante papel como proveedor de servicios ecosistémicos, su relevancia en el desarrollo comunitario y su dimensión etnográfica; sin embargo, existen limitadas investigaciones que evalúen la productividad científica en torno a los temas forestales (Santillán-Fernández *et al*., 2023). El análisis bibliométrico se ha consolidado como una herramienta metodológica clave para examinar el estado del conocimiento, las características estructurales y las tendencias emergentes dentro de una disciplina científica. Este enfoque combina técnicas estadísticas e informáticas para realizar evaluaciones cualitativas y cuantitativas de publicaciones indexadas con bases de datos especializadas. Asimismo, los gráficos de conocimiento complementan este análisis al integrar tecnologías de visualización de la información con métodos cienciométricos tradicionales, los cuales permiten representar de manera gráfica la estructura, evolución y relaciones del conocimiento en un campo específico (Huang *et al*., 2020). Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad científica del sector forestal en México, así como las aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) durante el periodo 2015 – 2025, mediante un análisis bibliométrico, para identificar las principales líneas de investigación, las dinámicas de colaboración institucional y la evolución temática, con el fin de comprender la estructura y el desarrollo del conocimiento en este sector estratégico.

Materiales y métodos

Base de datos y estrategia de búsqueda. Se realizó una búsqueda especializada en la base de datos SCOPUS, usando los siguientes criterios: palabras de búsqueda (*forestry* OR *industry* OR "*forest poducts*"), durante un periodo de 2015-2025, origen limitado a México y exclusivamente artículos publicados; se obtuvo una base de datos de 4,999 artículos. Posteriormente, la base de datos fue depurada con el criterio afiliación (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), lo cual arrojó 349 artículos científicos publicados; se eliminó el filtro "artículo publicado" y se generó una base de datos exclusiva para productos de investigación (artículos, libros, capítulos de libros y memorias de congreso) del INIFAP, con ello se obtuvo una base de datos de 1,075 productos de investigación.

Análisis bibliométrico. Se emplearon técnicas de análisis de rendimiento y mapeo científico. El análisis de rendimiento cuantifica principalmente las contribuciones y los componentes de la investigación; mientras que, el mapeo científico identifica las conexiones estructurales y la evolución de un campo de investigación. Los análisis se realizaron con el software *Rstudio* 4.5.1, utilizando el paquete *Bibliometrix* y la herramienta *Biblioshiny* (Aria y Cuccurullo, 2017). El análisis de rendimiento presentó cifras, porcentajes, clasificaciones y evolución temática; con el mapeo científico se identificaron los grupos de investigación relacionados y la visualización de la coocurrencia y palabras claves.

Resultados y discusión

En la Figura 1, se observan los resultados de la producción científica forestal en los últimos 10 años en México; a partir del 2016 se identificó un incremento en la producción científica, con un máximo de producción en el 2024 (Figura. 1a); en INIFAP, el incremento en la producción científica se registró a partir del 2019, identificando su máxima producción en el 2022 (Figura. 1b). Este incremento es atribuido, principalmente, a las políticas de la SECIHTI (antes CONACYT), relacionadas con el ingreso y permanencia en el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII) (Santillán-Fernández *et al*., 2023).

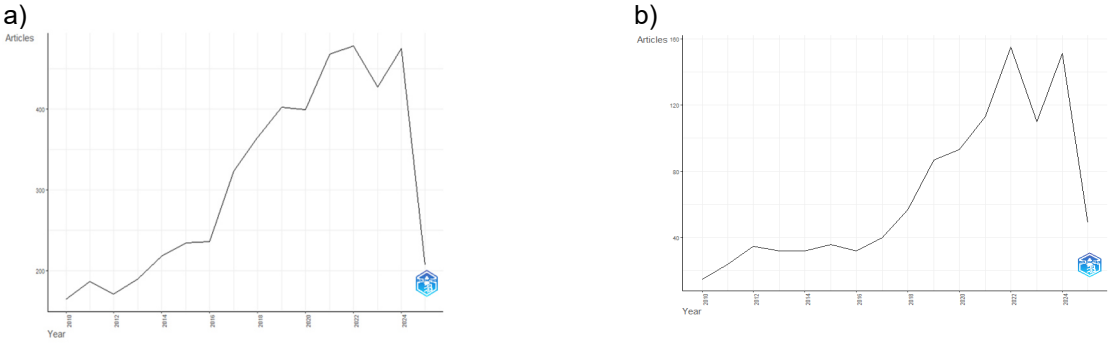


Figura 1. Producción científica del área forestal en los últimos 15 años: a) Producción científica en México; b) Producción científica en INIFAP.

En la Figura 2 se muestran las principales revistas de publicación científica del área forestal. En México (Figura 2a) las revistas con mayor número de publicaciones son J. of Chemical Technology and Biotechnology (198 publicaciones) y Forests (145 publicaciones); mientras que, los investigadores adscritos a INIFAP (Figura. 2b) han publicado el mayor número de sus investigaciones en la Revista Mexicana de Ciencias Forestales, editada por INIFAP, lo cual puede disminuir el impacto de las publicaciones de los autores debido a que publicar en la misma institución de adscripción reduce la visibilidad de los artículos (López-Leyva, 2011); sin embargo, se incrementa el impacto de la revista.

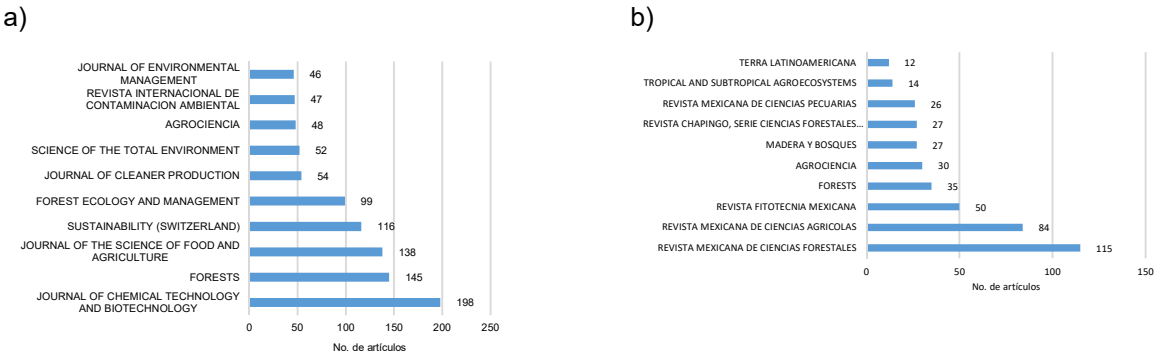
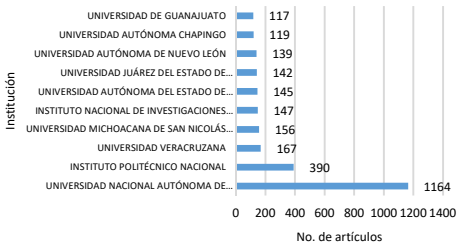


Figura 2. Principales fuentes de publicación científica de la investigación forestal: a) Producción científica en México; b) Producción científica en INIFAP.

En la Figura 3a, se muestran las principales instituciones que han publicado un mayor número de artículos del área forestal en México. La UNAM se encuentra en el primer sitio con la publicación de 1,164 artículos; mientras que, el INIFAP se ubica en quinto lugar con 147 artículos del área. Ambas instituciones son importantes para el desarrollo de la investigación forestal en México (Santillán-Fernández *et al*., 2023). En la Figura 3b, se presentan las principales tendencias en la investigación forestal, las cuales se centran en la atención de la problemática ambiental: degradación de suelos, energías alternativas, sostenibilidad, desarrollo sostenible, cambio climático; así mismo, se identificaron tendencias relacionadas con el estudio de análisis espacio-temporal, aprendizaje automático, economía circular y valorización.

a)



b)

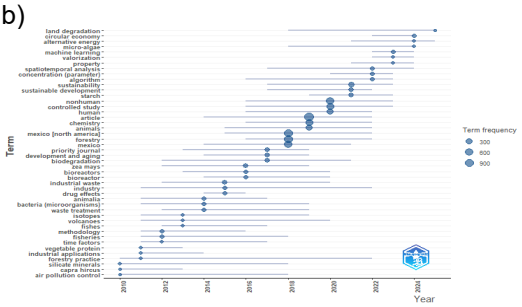


Figura 3. a) Principales instituciones mexicanas en la investigación forestal; b) Tendencias de la investigación forestal.

Conclusiones

El presente análisis bibliométrico permitió caracterizar la evolución de la productividad científica en el sector forestal en México durante el periodo 2015 – 2025, con especial énfasis en las contribuciones del INIFAP. Se identificó un crecimiento en la producción científica nacional a partir de 2016, mayor productividad en 2024, y para el INIFAP se identificó en el 2022. A pesar de que el INIFAP ha contribuido de manera relevante al desarrollo del conocimiento forestal en México, su impacto internacional podría verse limitado por la preferencia de publicación en revistas institucionales de circulación nacional e idioma español. Esta práctica, si bien fortalece la difusión local, restringe el impacto global de sus investigaciones. El análisis de las tendencias temáticas reveló una orientación hacia problemas ambientales contemporáneos como el cambio climático, la sostenibilidad, la degradación del suelo y la economía circular; lo cual refleja una alineación con los desafíos globales en materia ambiental. Además, se observó una creciente incorporación de enfoques metodológicos innovadores como el análisis espacio-temporal y el aprendizaje automático, lo que indica una evolución en las capacidades técnicas de la investigación forestal en el país. Finalmente, el estudio destaca la necesidad de fortalecer las redes de colaboración interinstitucional, diversificar los canales de publicación y fomentar la internacionalización de la ciencia forestal mexicana, con el fin de incrementar su impacto, relevancia y contribución al conocimiento global sobre los ecosistemas forestales.

Referencias bibliográficas

Aria, M. y C. Cuccurullo. 2017. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of Informetrics 11(4): 959–975.

Chen, S., Chen, J., Jiang, C., Yao, R. T., Xue, J., Bai, Y., Wang, H., Jiang, C., Wang, S., Zhong, Y., Liu, E., Guo, L., Lv, S. y Wang, S. 2022. Trends in Research on Forest Ecosystem Services in the Most Recent 20 Years: A Bibliometric Analysis. Forests 13(7).

Huang, L., Zhou, M., Lv, J. y Chen, K. 2020. Trends in global research in forest carbon sequestration: A bibliometric analysis. Journal of Cleaner Production 252.

López-Leyva, S. 2011. Visibilidad del conocimiento mexicano. La participación de las publicaciones científicas mexicanas en el ámbito internacional. Revista de La Educación Superior XL (2).

Santillán-Fernández, A., N. Vásquez-Bautista, L. M. Pelcastre-Ruiz, C. A. Ortigoza-García, E. Padilla-Herrera, A. E. Tadeo-Noble, E. Carrillo-Ávila, J. F. Juárez-López, J. E. Vera-López, y J. Bautista-Ortega. 2023. Bibliometric Analysis of Forestry Research in Mexico Published by Mexican Journals. Forests 14(3).

ELUCIDACIÓN DE MOLÉCULAS PLATAFORMA POR METABOLÓMICA DIRIGIDA Y RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Edna Elena Suárez-Patlán[1]*, Holber Zuleta-Prada[2], José Enrique Herbert-Pucheta[3], Benito Reyes-Trejo[2] y Teodoro Espinosa-Solares[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIR Golfo-Centro, C.E. San Martinito, km 56.5 Carretera federal México-Puebla, C.P. 74100, Santa Rita Tlahuapan, Puebla, México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Preparatoria Agrícola, Área de Química, km 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.
[3]Instituto Politécnico Nacional, Química Orgánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Santo Tomás, C.P. 11340, Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México.
[4]Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Ingeniería Agroindustrial, km 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: suarez.edna@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Espectroscopía, Cáscara de mazorca de cacao, Extracción asistida por microondas.*

Introducción

Las moléculas plataforma están compuestas de diferentes grupos funcionales, su origen biológico es una de sus principales características; entre 8 y 12 moléculas comunes sirven como materia prima para al menos 30 productos intermedios, los cuales se usan como bloque de construcción de cientos de productos de valor añadido (Shinde *et al*., 2020). Tradicionalmente, estos productos provienen de la industria petroquímica; sin embargo, el anunciado agotamiento de reservas petrolíferas, la inestabilidad económica y política de los países por recursos fósiles, así como los problemas derivados de su extracción y uso, como son el efecto invernadero y cambio climático tienen un impacto mundial que debe resolverse. Ante esta problemática, se visualiza como una solución viable la sustitución de moléculas plataforma en los productos derivados de la industria petroquímica. Esas moléculas pueden provenir de fuentes renovables y sostenibles como los residuos agroindustriales (Blanco-Cejas *et al*., 2023). El Departamento de Energía de los Estados Unidos publicó una lista en la que figuran 12 moléculas biológicas derivadas de azúcar, las cuales fueron filtradas de 50 candidatas que, a su vez, se obtuvieron de un listado de 300 moléculas. Estas 12 moléculas fueron consideradas como los mejores componentes básicos para la obtención de productos de valor agregado (Gérardy *et al*., 2020). La biomasa genera recursos renovables altamente abundantes y sostenibles, denominados materiales lignocelulósicos, los no alimentarios están disponibles como plantaciones energéticas, residuos agrícolas, forestales y agroindustriales. La agroindustria por sí sola genera grandes volúmenes de residuos lignocelulósicos, aproximadamente 220 millones de toneladas al año a nivel mundial que, al no gestionarse adecuadamente causan problemas ambientales (Meraj *et al*., 2023). Por tal motivo, la presente investigación tuvo como objetivo elucidar moléculas plataforma provenientes de la cáscara de mazorca de cacao mediante técnicas de resonancia magnética nuclear (RMN) y bases de datos especializadas, en aras de su potencial valorización.

Materiales y métodos

Preparación de muestras y adquisición de la espectroscopía de resonancia magnética nuclear. Las muestras de estudio consistieron en extracto de cáscara de mazorca de cacao (EXT-CMC), previamente obtenido mediante pretratamiento hidrotérmico en microondas (PTH-MA); método descrito por Suárez, (2024), la extracción acuosa se filtró y liofilizó para su posterior análisis RMN. Las alícuotas para el análisis espectroscópico se prepararon disolviendo 30 mg de EXT-CMC en estado sólido en una solución de 600 µL 10% de agua deuterada (99,9% de deuterio, no. CAS 7789-20-0) y 90% de una solución acuosa que contenía 0,05 M de ácido 3- (trimetilsilil)-2,2,3,3-d4-ácido propiónico que sirve como patrón interno (TSP: 98% de deuterado, no. CAS 24493-21-8) y una solución tampón de fosfato a una concentración de 0,5 mM (pH = 7,4, no. CAS 7778-77-0)). La espectroscopía RMN se realizó en un espectrómetro 400/54 (Agilent Technologies Inc. California, EE. UU.), con frecuencia de 400 MHz para ^{1}H y 100 MHz para ^{13}C. Se hizo la adquisición de protón mediante el esquema de presaturación NOESY de polarización directa (1D-^{1}H-DP) que sirve para calibrar y suprimir la señal de agua. Se realizaron experimentos TOCSY de correlación homo nuclear ^{1}H-^{1}H de largo alcance, experimentos protón J-resolved (secuencia de

pulsos HOMO2DJ) y experimentos de correlación hetero nuclear ^{1}H-^{13}C HSQC. Las condiciones experimentales fueron las descritas por Suárez, (2024).
Preprocesamiento de la matriz de datos 2D-RMN para metabolómica dirigida. Los experimentos 2D-HSQC, TOCSY y J-Resolved se transformaron a formato Bruker para el procesamiento con el software Topspin 4.1.1, los datos se procesaron mediante transformada de Fourier, la asignación de espectros de correlación homo y heteronuclear se utilizó como limitación para la identificación de metabolitos, mediante una búsqueda de espectros 2D-RMN de la Base de Datos del Metaboloma Humano (HMDB) (https://hmdb.ca/spectra/nmr_two_d/search). Los metabolitos de doble coincidencia HSQC y TOCSY, se consideraron positivos. Los metabolitos de HMDB se confirmaron o descartaron, a partir de la identificación de un desplazamiento químico ^{1}H con una constante de acoplamiento escalar obtenida con los espectros 2D-J Resolved, que a su vez se confirmaron como resultados positivos, comparando el valor experimental con una simulación de la plataforma NMRDB (http://www.nmrdb.org/ new_predictor/index.shtml?v=v2.138.0), para ello se utilizaron estructuras de los metabolitos propuestos .sdf obtenidas de la base de datos PubChem (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/). Las moléculas plataforma fueron identificadas con triple coincidencia TOCSY-HSQC-J resolved.

Resultados y discusión

A partir del procesamiento y mapeo de los espectros de resonancia magnética nuclear, espectros bidimensionales HSQC, TOCSY y HOMO2DJ se identificaron al menos 14 posibles moléculas plataforma en los extractos obtenidos de los pretratamientos hidrotérmicos asistidos por microondas de cáscara de mazorca de cacao, estas moléculas fueron: alosa, celobiosa, citidina, D-fructosa, D-galactosa, D-maltosa, D-xilosa, fructosa 6-fosfato, gluconolactona, ácido glucónico, glicerol, glicerol 3-fosfato, N-acetilmanosamina y trehalosa.
En el Cuadro 1 se observan algunas de estas moléculas con sus desplazamientos químicos, constantes de acoplamiento escalar homonucleares, así como las multiplicidades de las señales del protón identificado en rojo en cada una de las moléculas.

Cuadro 1. Resonancias de RMN ^{1}H asignadas con desplazamientos químicos (δ, ppm), acoplamientos escalares homonucleares de protones (J, Hz) y multiplicidad de señal.

Moléculas Plataforma	Fórmula molecular	^{1}H δ (ppm)	^{13}C δ (ppm)	J (Hz)	Multiplicidad
Alosa		4.661	95.85	3.809	Doblete
		3.723	63.76	5.915	Doblete
Gluconolactona		4.375	76.78	9.720	Doblete
Fructosa		3.699	66.19	8.05 - 3.47	Doble de dobles
		3.557	66.64	6.41 - 3.49	Cuarteto
Galactosa		4.353	73.83	3.803	Doblete
		3.859	72.38	4.923	Doblete
Xilosa		3.633	72.37	9.635	Doble de dobles
		3.736	63.28	9.00 - 3.34	Doble de dobles
Ácido Glucónico		4.1234	73.18	3.5525	Doble de dobles

Se obtuvo un primer par de desplazamiento químico de ^{1}H a partir de la asignación TOCSY homonuclear. Uno de los espines de protón identificados presentó una conectividad heteronuclear con un sistema de espines ^{13}C que se asignó con HSQC. Se confirmó una constante de acoplamiento $^{n}J_{H-H}$ entre el protón identificado y su par de espines ^{1}H previamente asignado por TOCSY. Finalmente, se asignó una correlación ^{1}H-^{13}C HSQC entre el segundo espín ^{1}H y su contraparte escalar de un enlace de distancia ^{13}C. Se presentan los dos pares heteronucleares ^{1}H-^{13}C con sus desplazamientos químicos correspondientes y su valor de acoplamiento escalar de protones.

Conclusiones

Se identificaron 14 posibles moléculas plataforma en extractos de cáscara de mazorca de cacao obtenidos mediante pretratamiento hidrotérmico asistido por microondas y su elucidación con resonancia magnética nuclear, así como su coincidencia con metabolitos de bases de datos especializadas. El análisis específico por RMN, que emplea una coincidencia rigurosa entre HSQC, TOCSY y entradas resueltas por J en relación con la base de datos del metaboloma humano (HMDB), identificó metabolitos discriminantes como posibles biomarcadores que pueden seguirse en las optimizaciones de pretratamientos hidrotérmicos de microondas de diversos materiales lignocelulósicos como la cáscara de mazorca de cacao u otros residuos agroindustriales o incluso forestales.

Referencias bibliográficas

Blanco-Cejas, J., S. Martín, M. Linares, J. Iglesias y J. Moreno. 2023. Life cycle assessment applied to bio-based platform molecules: Critical review of methodological practices. Journal of Cleaner Production. pp.414

Gérardy, R., Debecker, D., Estager, J., Luis, A. P. y Monbaliu, J.-Ch. 2020. "Continuous Flow Upgrading of Selected C2–C6 Platform Chemicals Derived from Biomass." Chemical Reviews 120(15): 7219-7347.

Meraj, A., Singh, S. P. y Jawaid, M. 2023. Una revisión sobre el aislamiento ecológico de lignina mediante disolventes eutécticos profundos naturales a partir de residuos agrícolas. J Polym Environ 31: 3283–3316.

Shinde, S. H., Hengne, A. y Rode, C. V. 2020. Lignocellulose-derived platform molecules: An introduction. p. 1–31 In Recent Advances in Development of Platform Chemicals. Elsevier B.V.

Suárez, P. E. E. 2024. Production of platform molecules from cocoa pod husk by green methods, Tesis doctorado, Universidad Autónoma Chapingo. pp.104-105.

MODELO DE CRECIMIENTO EN ÁREA BASAL CON EFECTO DE ACLAREO EN RODALES NATURALES DE PINO EN PUEBLA, MÉXICO

Abel Joseph Hernández-Martínez[1*], Valentín José Reyes-Hernández[1], Alejandro Velázquez-Martínez[1], Héctor Manuel de los Santos-Posadas[1], Armando Gómez-Guerrero[1] y Vidal Guerra-De la Cruz[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México.
[2]INIFAP, Sitio Experimental Tlaxcala, Tlaxcala, México.
*Autor para correspondencia: hernandez.abel@colpos.mx; ajhmtz@gmail.com

Palabras clave: *Sistema de ecuaciones, Diferencia algebraica, Regresión aparentemente no relacionada.*

Introducción

Los sistemas de crecimiento y rendimiento (SCR) son herramientas clave en la prescripción de tratamientos silvícolas y el manejo forestal (Souza *et al*., 2022). El SCR se integra de variables de estado a nivel del rodal, que permiten realizar proyecciones de su crecimiento (Gonzalez-Benecke *et al*., 2012). El área basal es una de las principales variables que conforman el SCR, ya que es un componente fundamental para describir la densidad y la competencia que se presenta en el rodal (Bailey y Ware, 1983). Modelar el crecimiento en área basal, que incluya un componente del efecto de aclareo, es importante para reflejar los cambios futuros después de intervenciones silvícolas (Souza *et al*., 2022). El objetivo de este trabajo fue modelar el crecimiento de área basal con efecto del aclareo en rodales de *Pinus patula* Schiede ex Schttdl. *et* Cham. bajo manejo forestal, en Puebla, México

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la "Reserva Forestal Multifuncional El Manantial S.C.", ubicada en los municipios de Aquixtla e Ixtacamaxtitlán, Puebla, México. La Reserva tiene una superficie de 278 ha y se localiza entre las coordenadas 19° 42' 27.4'' – 19° 44' 37.6'' LN y 98° 00' 43.9'' – 98° 58' 56.5 LO, entre 2,650 a 3,178 msnm, el clima predominante es templado húmedo, con temperatura media anual de 18°C y precipitación media anual de 1,000 mm. Los datos provienen de parcelas de muestreo permanente (PMP), de forma circular de 600 m^2 y establecidas en 2014 y 2018 en bosques mezclados, con remediciones bianuales. En cada parcela se registraron el diámetro normal (cm) y la altura total (m) de los árboles y se obtuvo la altura dominante (AD, en m), el número de árboles por hectárea (N), el área basal (AB, m^2/ha) y el diámetro cuadrático medio (DCM, cm) por PMP. Se utilizaron 130 PMP y en 15 de ellas se aplicó un aclareo en diferentes edades promedio e intensidades, desde 4 a 44% respecto al AB total. El modelo base de AB (f_{base}) es una versión reducida de Pienaar y Shiver (1986) y se reparametrizó con el método de diferencia algebraica, para obtener el modelo de proyección al aislar el parámetro β_0 del modelo de predicción (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelos propuestos para generar el sistema de crecimiento de área basal con el efecto de aclareo en rodales naturales de *Pinus patula* en Aquixtla, Puebla, México.

Modelo	Predicción	Proyección	SE
AB	$AB_1 = exp\ exp\left(\beta_0 + \frac{\beta_1}{E_1}\right) N_1^{\beta_2} AD_1^{\beta_3} N_1^{\frac{\beta_4}{E_1}}$	$AB_2 = AB_1\ exp\ exp\left\{\beta_1\left(\frac{1}{E_2}-\frac{1}{E_1}\right)\right\}\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^{\beta_2}\left(\frac{AD_2}{AD_1}\right)^{\beta_3}\left(\frac{N_2^{\frac{1}{E_2}}}{N_1^{\frac{1}{E_1}}}\right)^{\beta_4}$	1
FRA	$FRA_1 = exp\ exp\left\{\beta_5 \frac{X_t}{E_1^2 E_t}\right\}$	$FRA_2 = exp\ exp\left\{\beta_5 X_t\left(\frac{\frac{1}{E_2}-\frac{1}{E_1}}{E_2 E_t}\right)\right\}$	2
	$FRA_1 = exp\ exp\left\{\beta_5\left(\frac{\frac{AB_t}{AB_b}}{E_t}\right)\frac{1}{E_1}\right\}$	$FRA_2 = exp\ exp\left\{\beta_5\left(\frac{\frac{AB_t}{AB_b}}{E_t}\right)\left(\frac{1}{E_2}-\frac{1}{E_1}\right)\right\}$	3
ISup	$ISup_1 = \frac{AB_{sa} - AB_a}{AB_{sa}}$	$ISup_2 = ISup_1\ exp\ exp\left\{\left(\frac{\beta_1}{E_2}\right)(E_2 - E_1)\right\}$	4

SE = sistema de ecuaciones, AB = área basal, FRA = función de respuesta del aclareo, ISup = índice de supresión, AB_1, N_1, AD_1, FRA_1 e $ISup_1$ son mediciones en la edad 1 y AB_2, N_2, AD_2, FRA_2 e $ISup_2$ son mediciones en la edad 2, sufijos t, b y sa son las mediciones en el aclareo, antes del aclareo y sin aclareo, respectivamente y $X_t = 1 - DCM_t/DCM_b$ donde DCM es el diámetro cuadrático medio.

Para modelar el efecto del aclareo se utilizaron dos enfoques. El primero fue a través de una función de respuesta del aclareo (FRA) como un término multiplicativo de la función base de área basal, que resultó en $AB_a = AB_1 \times FRA_1$ (Souza *et al*., 2022). Las FRA propuestas incluyen la intensidad del aclareo a través del área basal (SE 3) y el diámetro cuadrático medio (SE 2), así como el tiempo desde el último aclareo. La FRA de proyección se obtuvo después de aislar el parámetro β_0 de la función de predicción AB_a (Cuadro 1). En el segundo enfoque se utilizó el índice de supresión (ISup) propuesto por Pienaar (1979). El ISup establece una comparación entre el crecimiento de un rodal con aclareo con un rodal sin aclareo con índice de sitio, edad y densidad similares. Debido a que no se tuvo información de una PMP sin aclareo que cumpliera con las características descritas, se utilizó el SE 1 para simular el crecimiento de la PMP sin aclareo en la misma edad registrada de la PMP con aclareo; después se proyectó el ISup con el SE 4 y por último se proyectó el crecimiento de área basal post-aclareo con $AB_2 = AB_{sa2}(1 - IS_2)$ (Cuadro 1). El SE 1 y los SE's 2 y 3 con el SE 1 se ajustaron de forma simultánea como un sistema de ecuaciones con la técnica de regresión aparentemente no relacionada, lo anterior con la función nlsystemfit de la librería systemfit del paquete estadístico *R*. El SE 4 se ajustó con mínimos cuadrados no lineales con la función nls del mismo paquete estadístico. Los parámetros de los cuatro SE se evaluaron con la prueba de t-student al 5% y el ajuste se evaluó con la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y el coeficiente de determinación ajustada (R^2_a).

Resultados y discusión

En un análisis previo se ajustaron modelos de altura dominante (AD, m) y mortalidad (N, árb/ha) para incluirlos en SE 1, 2 y 3. Los parámetros de SE 1, 2 y 3, así como el parámetro asociado con la respuesta del aclareo (β_5) fueron significativos (P<0.05). El parámetro de la función de proyección del ISup (SE 4) fue significativo y mostró un valor negativo, el cual determinó una respuesta post-aclareo creciente en la proyección global del crecimiento. La evaluación del SE 1 fue mejor en la proyección con respecto a la predicción, al mostrar un valor menor en la RCME y un valor mayor en la R^2_a. Después de incluir la FRA en el SE 1 se presentó un ligero aumento en RCME y reducción en R^2_a, respecto al modelo base de AB, lo cual puede atribuirse a la limitada cantidad de parcelas con aclareos que se incluyeron en el ajuste. Con relación al modelo de proyección del ISup, se explicó un 90% de la variación de las observaciones y mostró un RCME cercano a cero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimación y errores estándar (entre paréntesis) de parámetros y evaluación de los sistemas de ecuaciones para modelar el crecimiento de área basal con efecto de aclareo de *Pinus patula*.

SE	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	Predicción		Proyección	
							RCME	R^2_a	RCME	R^2_a
1	-2.733 (0.604)	-73.382 (11.796)	0.403 (0.073)	1.196 (0.08)	9.577 (1.692)	-	4.151	0.864	1.601	0.982
2	-3.666 (0.571)	-55.671 (11.327)	0.472 (0.067)	1.312 (0.08)	7.359 (1.634)	-1062.695 (352.951)	4.351	0.879	1.949	0.974
3	-3.391 (0.576)	-56.514 (11.332)	0.458 (0.067)	1.26 (0.08)	7.352 (1.634)	139.421 (41.316)	4.379	0.877	1.919	0.975
4	-	-1.524 (0.428)	-	-	-	-	-	-	0.037	0.891

SE = sistema de ecuaciones, β_i = parámetros, RCME = raíz del cuadrado medio del error y R^2_a = coeficiente de determinación.

Con los resultados de los SE propuestos se simuló el crecimiento de área basal con aclareo y sin aclareo. La primera simulación mostró diferencias en el crecimiento post-aclareo, con una respuesta menor del crecimiento con el SE 3, una respuesta intermedia con el SE 2 y una respuesta mayor con el ISup (Figura 1, A). Los resultados con el ISup indican que éste puede ser una alternativa para realizar proyecciones de crecimiento después de aplicar un aclareo en los rodales analizados. Por otro lado, se hizo una comparación de la proyección del

crecimiento del modelo base con los SE 2 y 3 sin efecto de aclareo, los cuales mostraron trayectorias de crecimiento muy similares en el periodo de proyección (Figura 1, B).

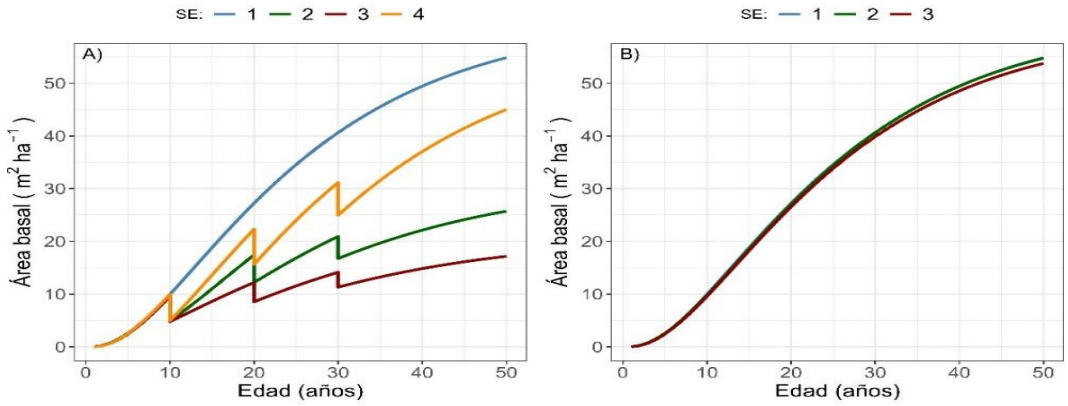


Figura 1. Proyección del crecimiento de área basal de *Pinus patula* con una densidad inicial de 1 500 árboles por hectárea y un índice de sitio de 29 m. A) con aclareos del 50, 30 y 20% de área basal total a la edad de 10, 20 y 30 años, respectivamente y B) sin aclareo.

Los resultados muestran que con el enfoque propuesto por Pienaar (1979) se obtienen proyecciones aceptables, mientras que los resultados de FRA simulan una respuesta de crecimiento menor, principalmente después del segundo aclareo. Bailey y Ware (1983) encontraron que la FRA del SE 2 fue adecuado para proyectar el crecimiento de área basal con efecto de aclareo en rodales naturales de *Pinus tadea* L. en Macon, Georgia, EUA. Los resultados en este trabajo coinciden con lo expuesto por Gonzalez-Benecke *et al*. (2012), quienes indican que el ISup es una opción adecuada, en su caso, para modelar el crecimiento de área basal con el efecto de aclareo en plantaciones de *Pinus palustris* Mill. de la costa Oeste de EUA, lo que coincide con los resultados de este estudio.

Conclusiones

En este estudio se realizó una comparación de dos enfoques para modelar el crecimiento de área basal con efecto de aclareo. El ISup fue el mejor enfoque para modelar el crecimiento de AB para este propósito. Se encontró que el incremento medio anual máximo para un rodal sin aclareo fue de 1.38 m^2/ha en 24 años, y en el rodal aclareado fue de 1.47 m^2/ha en 22 años, lo cual resultó en una ganancia de AB mayor al 5% y una reducción de dos años. Este modelo es una nueva alternativa en la simulación de aclareos, principalmente para la gestión forestal y en la planeación de aclareos del área de estudio.

Referencias bibliográficas

Bailey, R. L. y Ware, K. D. 1983. Compatible basal-area growth and yield model for thinned and unthinned stands. Canadian Journal of Forest Research, *13*(4), 563-571.

Gonzalez-Benecke, C. A., Gezan, S. A., Leduc, D. J., Martin, T. A., Cropper, W. P. y Samuelson, L. J. 2012. Modeling survival, yield, volume partitioning and their response to thinning for longleaf pine plantations. Forests *3*(4): 1104-1132.

Pienaar, L. V. 1979. An approximation of basal area growth after thinning based on growth in unthinned plantations. Forest Science *25*(2): 223-232.

Pienaar, L. V. y Shiver, B. D. 1986. Basal area prediction and projection equations for pine plantations. Forest Science *32*(3): 626-633.

Souza, H. J. d., Miguel, E. P., Nascimento, R. G. M., Cabacinha, C. D., Rezende, A. V. y Santos, M. L. D. 2022. Thinning-response modifier term in growth models: An application on clonal *Tectona grandis* Linn F. stands at the amazonian region. Forest Ecology and Management 511: 120109.

SELECCIÓN DE MÉTRICAS DE ALTURA PARA ESTIMAR VARIABLES DASOMÉTRICAS MEDIANTE ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMATIZADO

Casimiro Ordóñez-Prado[1]*, Adrián Hernández-Ramos[2], Enrique Buendía-Rodríguez[3], Juan Carlos Tamarit-Urias[1], Bossuet Gastón Cortés-Sánchez[3] y Jonathan Hernandez-Ramos[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Martinito. Carretera Federal México-Puebla km 56.5, C.P. 74100, Santa Rita Tlahuapan, Puebla
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13,5, C.P. 5625, Coatlinchán, Texcoco, Edo. De México.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas, km. 342 + 119, No. 9515, C.P. 25315 Hacienda de Buenavista, C.P. 25315 Saltillo, Coahuila
[4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, C.P. 38010 Celaya, Guanajuato.
*Autor para correspondencia: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Dron, Nube de puntos fotogramétricos, Variables predictoras.*

Introducción

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta fundamental en el manejo forestal sostenible, ya que aborda desafíos críticos como el monitoreo, la detección temprana de incendios forestales y la prevención de plagas. La integración de la IA con tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el aprendizaje automático mejora significativamente la eficiencia y efectividad de las prácticas de manejo forestal (Medina, 2024). Esta tecnología permite el monitoreo en tiempo real de la salud forestal mediante tecnologías de teledetección, evaluando parámetros como el contenido de humedad y los niveles de clorofila (Estrada *et al*., 2023).

En complemento con estos avances, se han desarrollado nuevas técnicas para la evaluación de recursos naturales, que incluyen la implementación de vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés) conocidos como drones; tecnología que ha ganado relevancia en el sector forestal debido a su capacidad para recopilar, de manera precisa, grandes cantidades de información de los atributos forestales, en tiempo real y accesible (Ivosevic *et al*., 2015; Ordóñez-Prado *et al*., 2024). Los recientes avances tecnológicos en dispositivos de teledetección han mejorado significativamente las capacidades de recolección de datos, con sensores que se han vuelto más compactos y portátiles, lo cual permite una evaluación integral de las condiciones forestales con detalle excepcional (Kellner *et al*., 2019).

Entre los productos derivados de procesos fotogramétricos, la nube de puntos permanece como el menos explorado en el campo forestal, aunque ofrece información valiosa para la reconstrucción tridimensional y el modelado de superficies forestales. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de dos algoritmos de aprendizaje automático para la selección de métricas de altura de la nube de puntos geoespacial obtenida con un dron, para estimar la altura total (*At*) de coníferas a nivel de árbol individual.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental San Martinito, Puebla; ubicado entre las coordenadas 19°20'44.50"; N -98°33'58.88" W y 19°20'55.44"; N -98°34'0.28" W a 2,540 msnm. El área presenta rodales de coníferas con *Pinus montezumae, P. ayacahuite, P. pseudostrobus, Cupressus lusitánica y Abies religiosa;* clima templado subhúmedo y precipitación de 900-1,100 mm anuales.

Se midió la altura total de 60 árboles seleccionados aleatoriamente, con un hipsómetro (Haglöf ECII-D), georreferenciados con GPS (Garmin GPSMAP 86i). Se capturaron 240 fotografías aéreas con un dron (DJI Mavic 2 Pro) equipado con cámara RGB de 20 megapíxeles, volando a 80 metros de altura, con patrón de doble grilla y 75% de solapamiento. El procesamiento fotogramétrico con OpenDroneMap™ generó una nube de 50 millones de puntos XYZ con densidad de 457 puntos m^{-2} y un modelo digital de terreno de 1 m de resolución.

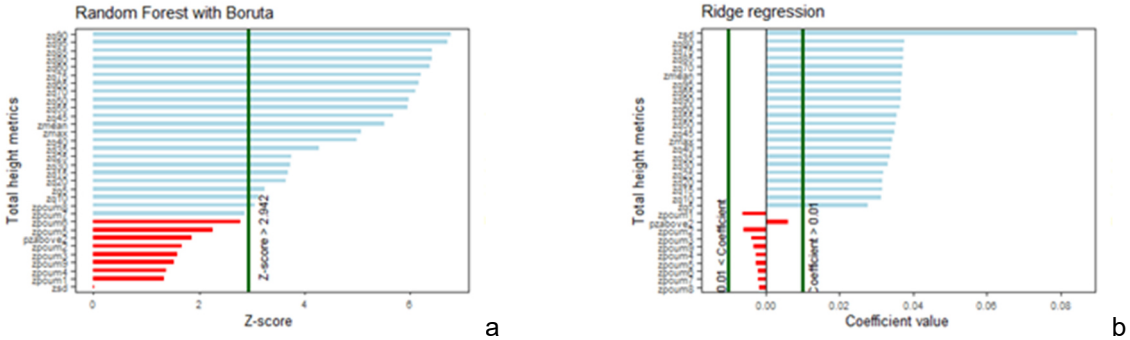
En la selección de variables se emplearon los métodos de Random Forest con algoritmo Boruta y regresión Ridge, los cuales minimizan la multicolinealidad y sobreajuste en modelos predictivos. La validación se realizó

empleando un conjunto independiente de 20 árboles para una evaluación imparcial del rendimiento predictivo. Los modelos se evaluaron mediante R 2 y RMSE, implementando validación cruzada.

Resultados y discusión

Las estadísticas descriptivas de la variable altura total para el análisis fueron: mínima = 5.5; media = 17.31; máxima = 26.8; desviación estándar = 4.47; coeficiente de variación = 0.25; asimetría = -0.2404; y, curtosis = -0.3305. En la validación de los modelos, se utilizaron 20 árboles independientes de la muestra de ajuste, y las estadísticas fueron: mínimo = 5.5; media = 17.31; máximo = 26.8; desviación estándar = 4.47; coeficiente de variación = 0.25; asimetría = -0.2404; y, Curtosis = -0.3305.

En la Figura 1 se presentan las clasificaciones de importancia de las variables de dos algoritmos de aprendizaje automático para la selección métrica de la altura del árbol. Random Forest con el algoritmo Boruta muestra una evaluación exhaustiva de las variables mediante puntuaciones Z, con las variables confirmadas (azul) y rechazadas (rojo) claramente delimitadas por el umbral de decisión (Figura 1a). La regresión Ridge muestra las magnitudes de los coeficientes (Figura 1b). Estos enfoques complementarios facilitan la identificación robusta de las variables predictoras óptimas al tiempo que minimizan la multicolinealidad y mejoran la parsimonia del modelo para aplicaciones de inventario forestal.



a b

Figura 1. Comportamiento de la selección de variables predictoras, a) Random forest y b) regresión ridge.

Random Forest con Boruta mostró un enfoque más exhaustivo al evaluar 25 variables potenciales, se confirmaron 17 como relevantes y rechazaron ocho como no informativas. Este algoritmo priorizó consistentemente las métricas de altura máxima (zmax) y los percentiles superiores (95, 90, 85) como los principales contribuyentes a la explicación de la varianza (Figura 1a). El modelo (M1) generado a partir de esta selección quedó con la siguiente estructura matemática:

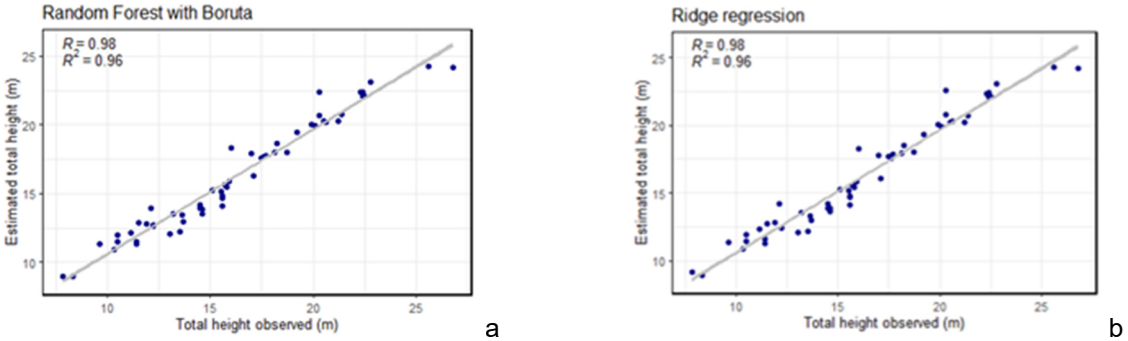
$$M1: At = \beta_0 + \beta_1 \cdot zq95 + \beta_2 \cdot zmax + \beta_3 \cdot zq90 + \beta_4 \cdot zq85 + \beta_5 \cdot zq80 + \beta_6 \cdot zq65 + \beta_7 \cdot zq75 + \beta_8 \cdot zq70 + \beta_9 \cdot zq60 + \beta_{10} \cdot zq55 + \beta_{11} \cdot zq50 + \beta_{12} \cdot zmean + \beta_{13} \cdot zq45 + \beta_{14} \cdot zq35 + \beta_{15} \cdot zq40 + \beta_{16} \cdot zq30 + \beta_{17} \cdot zq25$$

En contraste, la regresión Ridge adoptó un enfoque más parsimonioso, seleccionando únicamente nueve variables significativas (*p<0.05*) y asignando mayor peso a la altura media (zmean), seguida de la entropía de la nube de puntos fotogramétrica (zentropy) y percentiles específicos (Figura1b). Con las variables seleccionadas se estableció el modelo (M2).

$$M2: At = \beta_0 + \beta_1 \cdot zmax + \beta_2 \cdot zmean + \beta_3 \cdot zentropy + \beta_4 \cdot zq5 + \beta_5 \cdot zq15 + \beta_6 \cdot zq25 + \beta_7 \cdot zq55 + \beta_8 \cdot zq85$$

Esta diferencia metodológica refleja las fortalezas de cada algoritmo; mientras Boruta excede en la identificación comprensiva de variables relevantes, Ridge optimiza la simplicidad del modelo mediante regularización. Los enfoques complementarios demuestran que la selección del algoritmo debe considerar el equilibrio entre exhaustividad y parsimonia; en este sentido, Boruta facilita la comprensión integral de las relaciones estructurales del bosque, mientras que Ridge proporciona modelos más simples y potencialmente más generalizables.

La Figura 2 muestra que ambos modelos tienen un excelente rendimiento para estimar la altura total de árboles, con un R^2 = 0.96 para el algoritmo Random Forest con Boruta (Figura 2a) y un R = 0.98 para la regresión Ridge (Figura 2b). La *At* observada en campo, representada por puntos azules, se distribuyen estrechamente alrededor de la línea de regresión, lo cual demuestra una alta precisión predictiva en el intervaloo de 8-26 m de altura, y valida la efectividad del algoritmo.



a b

Figura 2. Dispersión de datos, a) Random forest y b) regresión ridge.

Conclusiones

Los algoritmos de aprendizaje automático aplicados a la selección de variables derivadas de nubes de puntos geoespaciales, obtenidas mediante drones, constituyen una alternativa superior a los métodos estadísticos tradicionales para la estimación de variables dasométricas. Esta aproximación tecnológica permite obtener mediciones de altura total del arbolado con niveles de precisión excepcionales, que superan 96% de exactitud, lo cual representa un avance significativo en las técnicas de inventario forestal y monitoreo de ecosistemas boscosos.

Referencias bibliográficas

Estrada, J., A. Fuentes, P. Reszka y F. Auat Cheein. 2023. Machine learning assisted remote forestry health assessment: a comprehensive state of the art review. Frontiers in Plant Science 14. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1139232

Ivosevic, B., Han, Y.-G., Cho, Y. y Kwon, O. 2015. The use of conservation drones in ecology and wildlife research. Journal of Ecology and Environment, 38(1), 113-118.

Kellner, J. R., Armston, J., Birrer, M., Cushman, K. C., Duncanson, L., Eck, C. *et al*. 2019. New opportunities for forest remote sensing through ultra-high-density drone lidar. Surveys in Geophysics 40, 959-977.

Medina S., J. F. 2024. Inteligencia Artificial en el Manejo Forestal: Una Revisión Sistemática Basada en el Marco Metodológico SALSA. Revista Ingeniería e Innovación del Futuro, 3(1): 38-53.

Ordóñez-Prado, C., J. R. Valdez-Lazalde, H. Flores-Magdaleno, G. Ángeles-Pérez, H. M. de los Santos-Posadas y E. Buendía-Rodríguez. 2024. Implicaciones operativas de la resolución espacial de imágenes de drones en el mapeo de la vegetación para el manejo forestal. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente 30(2): 1-18.

MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN ZONA HABITACIONAL DE INTERÉS SOCIAL EN LA CIUDAD DE VERACRUZ, MÉXICO

Mercedes Salamanca-Almendra[1], Paula Zuñiga-Ruíz[1*], Isabel Araceli Amaro-Espejo[1], Deisy Laura Salazar-Pascual[1] y María Elena Maceda-Rodríguez[2]

[1]Tecnológico Nacional de México, campus Boca del Río, Km 12 Carretera Veracruz-Córdoba C.P. 94290 Boca del Río, Ver., México.
[2]Tecnológico Nacional de México, campus Veracruz, Miguel Ángel de Quevedo 2779, Col, Formando Hogar, C.P. 91897, Veracruz, Ver., México.
[*]Autor para correspondencia: paulazuniga@bdelrio.tecnm.mx

Palabras clave: *Acopio, Contaminación, Gestión, Manejo.*

Introducción

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los residuos sólidos urbanos (RSU) son aquellos generados en los hogares por el consumo o uso de bienes; mientras que residuos generados en otras áreas con características domiciliarias. Además, considera como manejo de residuos las actividades que involucren identificación, acopio, almacenamiento y co-procesamiento.

Las estadísticas reportadas por Kaza *et al.* (2018) indican una generación anual mundial de 2.01 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, compuestos por el 44% de fracción orgánica, 17% papel y cartón y 12% plástico y la fracción restante distribuida en metales, vidrios y otros materiales. En México, la SEMARNAT (2020) reportó una generación de RSU estimada en 120,128 ton/día, compuestos por un 77.98% de residuos aptos de aprovechamiento (46.42% de residuos orgánicos) y un 22.03% de “otros residuos”; con una generación per cápita domiciliaria para la región Sur calculada de 0.629 kg/hab/día.

Acorde a diferentes autores, a medida que las poblaciones se incrementan, los residuos generados también aumentan significativamente (Camal 2024, Alcívar 2015, Abarca-Guerrero 2015). Por tanto, es imperante la correcta gestión de los residuos para minimizar sus impactos en el ambiente, recuperar materiales valiosos y con ello promover economías circulares. Si bien, los RSU se consideran aquellos con características domiciliarias, es significativo reconocer que dentro de éstos existe una gama de peculiaridades que permiten clasificarlos en diferentes tipos según su composición: Residuos Orgánicos (restos, sobras o productos de desecho de cualquier organismo), Residuos Inorgánicos Reciclables (papel, cartón, vidrio, plásticos y metales), Residuos peligrosos (presentan alguna cualidad CRETIB) y Residuos de manejo especial (neumáticos, escombros, electrónicos, baterías).

El presente estudio identificó, cuantificó y clasificó los RSU en una unidad habitacional al norte de la ciudad de Veracruz, México, para obtener datos que contribuyan a planificar estrategias para su tratamiento y disposición final; así como reducir su impacto ambiental.

Materiales y métodos

La Ciudad de Veracruz es uno de los 212 municipios del Estado de Veracruz y se encuentra ubicada entre las coordenadas 19°6’ y 19°16’12” de latitud norte y 96°10’12” y 96°16’12” de longitud oeste, según el INEGI (2020) cuenta con 607,209 habitantes y con 140 colonias y unidades habitacionales. El universo seleccionado para este estudio se encuentra limitado por un polígono con coordenadas 19°20’ latitud y -96°17’ longitud con superficie de 84,095.96 m^2 ubicado en la unidad habitacional Las Brisas al norte del puerto de Veracruz. Este conjunto habitacional de manera homogénea es de interés social clase media (INEGI 2021) con un conjunto de 480 casas (Figura 1).

Figura 1. Polígono limitando el universo de estudio.

De acuerdo con el método de la NMX-AA-61-1985 que especifica cómo determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio, se eligió un tamaño de muestra de 50 casas y posteriormente, se visitó a los habitantes de las casas seleccionadas con el fin de explicarles la razón del muestreo por realizar, así como para captar la información general y entregar el material para la recolección de residuos. Los materiales ocupados para la recolección de residuos fueron bolsas de 30 cm x 50 cm, báscula, ficha de vaciado, guantes, cubrebocas y lapiceros. Cada día alrededor de las 20:00 h se recolectaron y trasladaron los RSU al área designada para llevar a cabo la separación de acuerdo con la NMX-AA-22-1985 para la cuantificación de subproductos. Se cuantificó el total de muestra obtenida ya que esta no rebasó los 50 Kg, cantidad mínima de clasificación determinada de acuerdo con la NMX-AA-15-Método de Cuarteo. Los subproductos clasificados fueron: materia orgánica (MO), PET, plástico, aluminio, hierro, madera, tela, papel y cartón, unicel y vidrio.
El registro diario de generación por casa habitación se llevó a cabo en una hoja de Excel identificando el número de casa, número de habitantes y la cantidad de kilogramos generados por cada uno de los subproductos, después de los siete días recolectados se determinó el promedio de generación de residuos por casa habitación, así como por habitante realizando la división de cada día entre el número de habitantes de la casa correspondiente.

Resultados y discusión
Al término del estudio se analizaron un total de 50 casas habitación con 194 habitantes, se obtuvo una generación diaria promedio por casa de 1.956 kg como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad en Kg de RSU generados en promedio diario por casa habitación

MO	PET	Plástico	Aluminio	Hierro	Madera	Tela	Papel y cartón	Unicel	Vidrio	Total
0.502	0.163	0.151	0.309	0.185	0.059	0.061	0.360	0.124	0.042	1.956

Con base a la cantidad de habitantes en cada una de las casas registradas se obtuvo la generación per cápita como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Generación per cápita de origen domiciliario Kg/hab/día de RSU.

MO	PET	Plástico	Aluminio	Hierro	Madera	Tela	Papel y cartón	Unicel	Vidrio	Total
0.136	0.049	0.046	0.083	0.055	0.016	0.016	0.108	0.038	0.011	0.558

Los RSU de la muestra poblacional domiciliaria analizada presentó una generación per cápita menor comparada con resultados emitidos por SEMARNAT (2012 y 2020) a nivel nacional calculada en 0.743 y 0.629 kg/hab/día respectivamente. Así también, los RSU reportados en los estudios mencionados, como MO del 38-46%, residuos aptos de aprovechamiento del 40-32% y 22% de “otros residuos”, se encuentran en rangos similares al presente estudio como se muestra en la Figura 2. Resultados que pueden reflejar cambios en hábitos de consumo, mejor separación o características imputables al tipo de zona muestreada.

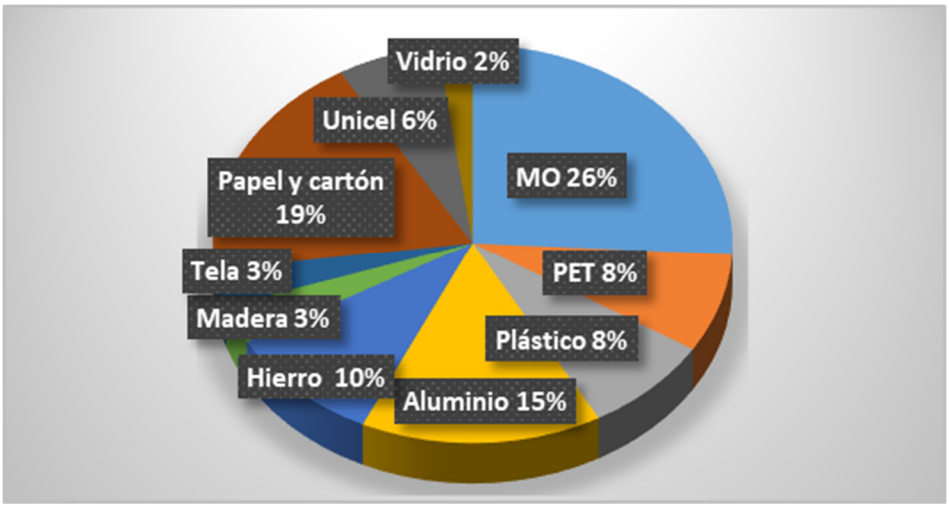


Figura 2. Cuantificación de RSU.

Por otro lado, en un estudio similar de residuos sólidos domiciliarios (RSD) por Castillo-González *et al*. (2014) en la localidad de Xico, Veracruz; la generación *per cápita* obtenida fue de 0.384 kg/hab/día, menor a la reportada en el presente estudio., datos que podrían atribuirse a la zona geográfica, al nivel/modo de vida de la población y a la estación del año (Deffis, 2006). Sin embargo, la composición general de los RSD se encuentra en rangos similares al presente estudio con valores de 38.74% de MO, residuos aptos de aprovechamiento 31.12%, y el porcentaje de los residuos no aprovechables obtenido para Xico fue de 17.41%; incluso valores muy similares a la media nacional.

Conclusión

Considerando la muestra de población analizada perteneciente a una unidad habitacional de estrato medio perteneciente a la ciudad de Veracruz, el estudio presenta una disminución de la cantidad de RSU generados en la ciudad de Veracruz de acuerdo con estadísticas anteriores, la materia orgánica desechada es menor lo que puede representar cambios en patrones de consumo o separación, no obstante, la tasa de generación de RSU diaria en la población de las ciudades es un reto si se desea cumplir con una correcta gestión que permita su tratamiento adecuado de acuerdo a sus características. La ciudad de Veracruz, como muchas otras de índole urbano; requiere mantener una identificación actualizada de las características que componen el volumen generado para emitir las políticas, y con ésta; las acciones pertinentes que favorezcan un control y una disminución en los impactos relacionados con este aspecto. Se recomienda realizar estudios similares con una muestra poblacional mayor.

Referencias bibliográficas

Abarca-Guerrero, L., G. Maas y W. Hogland. 2015. Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. Revista Tecnología en Marcha 28(2):141-168.

Alcívar, C., K. Ortíz y R. Muñoz. 2015. El crecimiento poblacional y su impacto la contaminación ambiental. Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales 27(1).

Camal, M. D. C. G., F. A. L. Medina, M. V. Eligio, L. J. E. Ramírez y P. V. Moreno. 2024. El crecimiento poblacional y sus repercusiones ambientales en la localidad de Escárcega, Campeche. Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar 8(3):3636-3653.

Castillo-González, E. y L. De Medina-Salas. 2014. Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. Revista internacional de contaminación ambiental 30(1):81-90.

Kaza, S., L. C. Yao, P. Bhada-Tata and F. Van Woerden. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank.

APLICACIÓN MÓVIL PARA LA GESTIÓN INSTITUCIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Keila Elena Ocaña-Drouaillet[1], Miguel Ángel López-Ramirez[1*], Gerardo González-Gómez[1], Guadalupe Robles-Calderón[2], Jacobo Robles-Calderón[2], Olaya Pirene Castellanos-Onorio[3] y Mario Díaz-González[3]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Martínez de la Torre, Camino a Cartago S/N, Col. Vega Redonda, C.P. 93610, Martínez de la Torre, Veracruz, México.
[2]Tecnológico Nacional de México, Campus Teziutlán, Fracción I y II S/N, Aire Libre, C.P. 73960, Teziutlán, Puebla, México.
[3]Tecnológico Nacional de México, Campus Veracruz, Av. Miguel Angel de Quevedo 2779, Col. Formando Hogar, C.P. 91897 Veracruz, Veracruz., México.
*Autor para correspondencia: miguel.lr@martineztorre.tecnm.mx

Palabras clave: *Gestión ambiental, Aplicaciones móviles, Poder calorífico de residuos.*

Introducción

La gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en las instituciones educativas impacta no solo al medio ambiente, sino también a los procesos logísticos, administrativos y tecnológicos. En el caso del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, la ausencia de un sistema digital limita su capacidad para registrar, clasificar y dar seguimiento a los residuos generados, dificultando la toma de decisiones en materia de reducción, reciclaje o disposición final, derivado de la problemática anterior, los autores proponen el desarrollo de una aplicación móvil del tipo multiplataforma que permita el registro clasificado de residuos, su análisis volumétrico y la exportación de datos. Además de funcionar como herramienta de control, la aplicación incorpora un enfoque innovador para estimar el poder calorífico de los residuos mediante la metodología de Tchobanoglous (Tchobanoglous, Theisen & Vigilia, 2007) lo que permite orientar estrategias sustentables para el aprovechamiento energético de los desechos.

Materiales y métodos

El desarrollo de la aplicación se realizó bajo la metodología en cascada, la cual permite claridad de los requisitos funcionales del sistema, así como en la estructura lineal y secuencial (Pantaleo & Ludmila, 2015).

- Fase 1. Análisis de requerimientos: identificar las necesidades del usuario.
- Fase 2. Diseño de la aplicación móvil: definir la arquitectura, interfaz y estructura.
- Fase 3. Desarrollo: codificar la aplicación de acorde a las necesidades del usuario.
- Fase 4. Pruebas y validación: verificar los resultados obtenidos asegurando los requisitos y libre de errores.

Durante el desarrollo de la aplicación móvil, se realizó un análisis exhaustivo de los requerimientos funcionales y no funcionales. Se llevó a cabo la recopilación de información sobre la problemática institucional, se identificaron las necesidades específicas para la gestión de residuos sólidos urbanos de acuerdo a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017) y se definieron las funcionalidades necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto.

Requerimientos funcionales. Se definieron las siguientes funcionalidades clave que el usuario puede ejecutar en la aplicación móvil:

- Registrar residuos clasificados por tipo.
- Exportar datos.
- Gestionar usuarios con distintos niveles de acceso.

Requerimientos no funcionales. Además, de las funcionalidades específicas, se identificaron requerimientos no funcionales críticos para el buen desempeño y usabilidad de la aplicación móvil:

- Compatibilidad con Android e iOS.
- Seguridad y autenticación.

En el diseño del sistema se elaboraron diagramas de flujo, arquitectura general y navegación, en la Figura 1 se observa el diseñó la interfaz gráfica de usuario (GUI) con enfoque centrado en el usuario (DCU) para garantizar la accesibilidad y usabilidad.

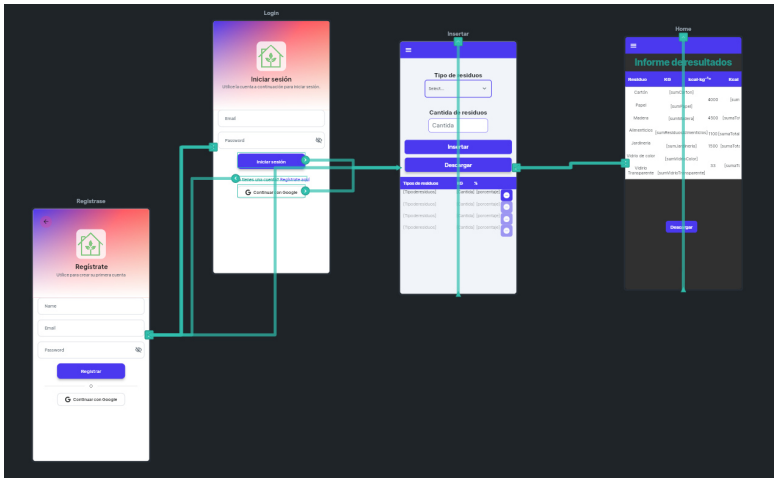


Figura 2. Diseño gráfico de las interfaces de la aplicación.

A nivel estructural, la base de datos fue implementada en Firebase Database para almacenar registros de residuos y usuarios mediante nodos identificadores, lo que permite búsquedas eficientes y visualización en tiempo real (Firebase, 2025). Aunque es una base no relacional, el uso de FlutterFlow (FlutterFlow, 2025) como entorno no-code facilita una presentación ordenada y comprensible de los datos, tanto para usuarios como desarrolladores, lo que permite su manipulación y exportación a Excel según necesidades específicas, como se muestra en la Figura 2.

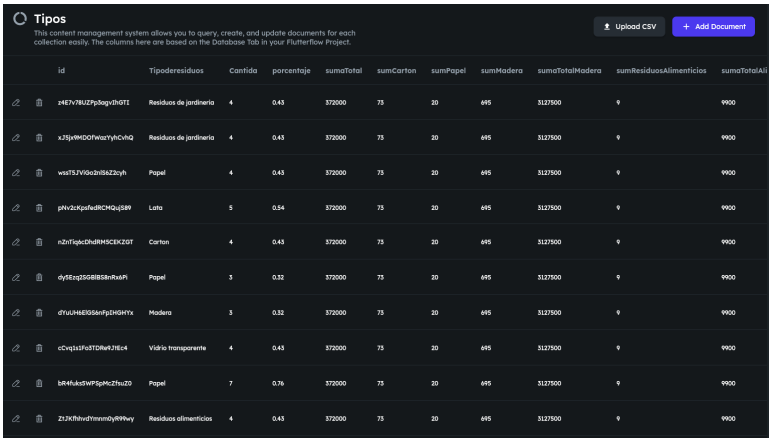
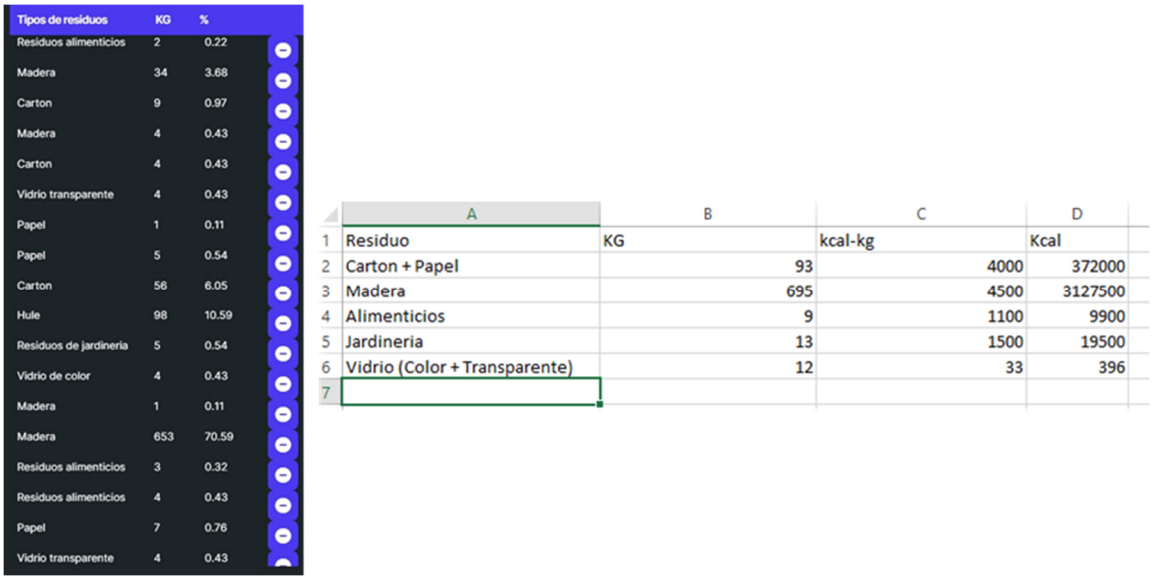


Figura 3. Organización de la base de datos no relacional.

Resultados y discusión

Durante la validación del sistema, se registraron y clasificaron Residuos Sólidos Urbanos (RSU) mediante la aplicación, generando una base de datos en Firebase que fue exportada para su análisis en hojas de cálculo, como se puede observar en la Figura 3. Estos datos permitieron aplicar la metodología de Tchobanoglous para estimar la energía potencial recuperable, incorporando así una dimensión energética al diagnóstico ambiental. La integración entre Firebase y FlutterFlow permite visualizar la información en tiempo real, organizarla eficientemente y exportarla con facilidad, lo que refuerza el valor técnico-operativo de la herramienta y su aplicabilidad en entornos educativos e institucionales orientados a la sostenibilidad.



Tipos de residuos	KG	%
Residuos alimenticios	2	0.22
Madera	34	3.68
Carton	9	0.97
Madera	4	0.43
Carton	4	0.43
Vidrio transparente	4	0.43
Papel	1	0.11
Papel	5	0.54
Carton	56	6.05
Hule	98	10.59
Residuos de jardineria	5	0.54
Vidrio de color	4	0.43
Madera	1	0.11
Madera	653	70.59
Residuos alimenticios	3	0.32
Residuos alimenticios	4	0.43
Papel	7	0.76
Vidrio transparente	4	0.43

	A	B	C	D
1	Residuo	KG	kcal-kg	Kcal
2	Carton + Papel	93	4000	372000
3	Madera	695	4500	3127500
4	Alimenticios	9	1100	9900
5	Jardineria	13	1500	19500
6	Vidrio (Color + Transparente)	12	33	396
7				

Figura 3. Portabilidad a Excel aplicando la metodología de Tchobanoglous.

Conclusiones

El desarrollo e implementación de la aplicación móvil para la gestión de RSU permitió alcanzar el objetivo general del proyecto, al desarrollar una aplicación móvil que facilita el registro, la clasificación, análisis y estimación de su energía potencial aprovechable, y al utilizar tecnologías como Firebase y FlutterFlow, se logró una aplicación funcional, intuitiva y adaptable a distintos contextos institucionales. Asimismo, se cumplieron los objetivos específicos al integrar un sistema de captura estructurado, habilitar la exportación automatizada de datos a hojas de cálculo. Los resultados obtenidos evidencian la viabilidad técnica y el impacto positivo de esta solución tecnológica como apoyo a la gestión ambiental y a la promoción de prácticas sustentables dentro del ámbito educativo.

Referencias bibliográficas

Firebase. (5 de junio de 2025). Firebase. Obtenido de https://goo.su/9bjZi
FlutterFlow. (3 de marzo de 2025). FlutterFlow Community. Obtenido de https://goo.su/DZ00y
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (10 de Enero 2017). Clasificación, reciclaje y valoración de los RSU. Obtenido de https://goo.su/L8bo19y
Pantaleo, G. & Ludmila, R. 2015. Ingeniería de Software. Alfaomega Grupo Editor Argentino.
Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigilia, S. 2007. Gestión integrada de residuos sólidos: principios de ingeniería y cuestiones de gestión. Michigan: McGraw-Hill Companies, Incorporated, 1993.

MANEJO DE LOS HERBICIDAS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus*) Y SU EFECTO EN EL pH DEL SUELO

Ilse Pérez-García[1*], María del Refugio Castañeda-Chavez[1], Juan Valente Megchún-García[1] e Isabel Araceli Amaro-Espejo[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Boca del Río, Carr. Veracruz-Córdoba Km.12 C.P.94290, Boca del Río, Ver, México.
*Autor para correspondencia: ilsegraciia@gmail.com

Palabras clave: *Glifosato, Lixiviados, Herbicidas, Degrado, Impacto ambiental.*

Introducción

La piña (*Ananas comosus*) es originaria de Brasil y Paraguay, un poco antes de la llegada de los europeos a México fue introducida por los indígenas (Coppens d'Eeckenbrugge & Duval, 2009; Morton, 1987). El agradable sabor y aroma, así como su contenido en vitaminas A, B y C, hacen que el fruto de la piña sea altamente demandado en los diversos mercados (ASERCA, 2000). México ocupa entre el séptimo y el décimo lugar a escala mundial en producción de piña, con alrededor de 20 mil hectáreas sembradas por año, correspondientes a un millón de toneladas de fruta cosechada y un rendimiento promedio de entre 45 y 55 t/ha, siendo Veracruz el principal productor (SIAP 2017). Por lo que se puede contemplar que el suelo provee importantes funciones ambientales, en las que para las plantas de piña es el alimento primordial para su desarrollo (Dorronsoro, 2007). Los herbicidas tienen que ser manejados responsablemente; los productores o aquellas personas que hagan uso de los productos agroquímicos, necesitan cumplir con las normas, técnicas y leyes del manejo así, como el almacenamiento, aplicación, disposición de los envases una vez utilizados, de tal manera que se pueda asegurar la salud del trabajador, la salud del consumidor y permitir el equilibrio de los ecosistemas. Uno de los herbicidas generalmente más usados en el mundo es el glifosato, ya que este actúa inhibiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos (Jaworski 1972). Varios estudios demuestran el daño e impacto ambiental en el manejo de glifosato, ya que en el suelo es adsorbido mediante uniones fosfato y degradado por microorganismos, lo que ocasiona una poca movilidad de glifosato como del ácido aminometilfosfónico (AMPA); no obstante, a esto estudios de lixiviación y escurrimiento demuestran que puede introducirse hasta los más profundo del suelo incluso cuando se aplica previo a lluvias o tormentas intensas este migra a las aguas superficiales (Flury 1996; Villholth *et al.,* 2000; Jaynes *et al.,* 2001; Petersen *et al.,* 2002; Rampoldi, 2007; Sasal *et al.,* 2010). Por lo que, el manejo de los herbicidas en el cultivo de piña es un problema en suelo y la actividad microbiológica que existe en él se dañe poco a poco; ya que no solo combaten malezas para las cuales se usa, sino que afecta a los microorganismos y propiedades físico-químicas que tienen un efecto positivo en la piña, dejando en riesgo la disposición para producir los nutrientes que el cultivo de piña necesita para su buen desarrollo (Quijandría *et al*., 1997). El objetivo de esta investigación es evaluar el manejo técnico de los herbicidas en el cultivo de piña y su impacto en el pH del suelo.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la localidad de los Robles, Municipio de Medellín de Bravo en el estado de Veracruz, con las siguientes coordenadas que son: latitud 18°58'15"N y longitud 96°7'5"W. El estudio descriptivo se realizó entre los meses de septiembre y noviembre del año 2024. Se entrevistó a un total de 16 productores de piña, que es una muestra representativa de la zona agrícola, de la población de los productores de piña, debido a que se encuentran organizados por pequeños grupos de trabajo, los cuales fueron seleccionados mediante un método no probabilístico, de igual forma, el cuestionario tiene como variables de estudio identificar las malezas más comunes del cultivo de piña, los herbicidas más utilizados, las dosis utilizadas por aplicación y los resultados fueron codificados en una base de datos de Excel 2013, y fueron analizados con la misma paquetería. Se realizó el muestreo en parcelas de piñas identificadas por el manejo de herbicidas, el método de muestreo fue zigzag y posteriormente se obtuvo una muestra compuesta; las muestras identificadas fueron llevas en bolsas ziploc al laboratorio LIRA (ITBOCA), para determinar el pH, con base a la NOM-021-RECNAT-2000.

Resultados y discusión

Se encontró que, de productores de piña, el 55.8% son hombres de 55 años de edad y el 43% mujeres de 43 años lo que esta faceta social puede afectar directamente a la producción de piña ya que se requiere mucha mano de obra, y la edad puede llegar a ser una limitación en el desarrollo de las actividades (Ramírez, 2009). El 93.75% de los productores reportaron que utilizan herbicidas de acción total, donde buscan la eliminación total de malezas en el cultivo de piña (Figura 2). El 80% de los productores confirmaron que utilizan herbicidas, y su ingrediente activo es el glifosato (Figura 2), estos productos químicos tiene la sal isopropilamina que es la formulación más reconocida, la cual contiene componentes básicos: como son el ingrediente activo, un agente tenso-activo y agua (Giesy, Dobson, y Solomon, 2000), lo que puede causar una contaminación en aguas de escorrentía y superficiales, que al adsorber las partículas del suelo (Santos *et al.,* 2008); esta biodisponible para aquellos organismos que se alimentan por filtración de sedimentos, por lo que en estudios anteriores demuestran un riesgo de toxicidad a la salud humana, con efectos que se presentan a mediano o largo plazo por el mal uso y manejo de estos herbicidas (COFEPRIS,2016).

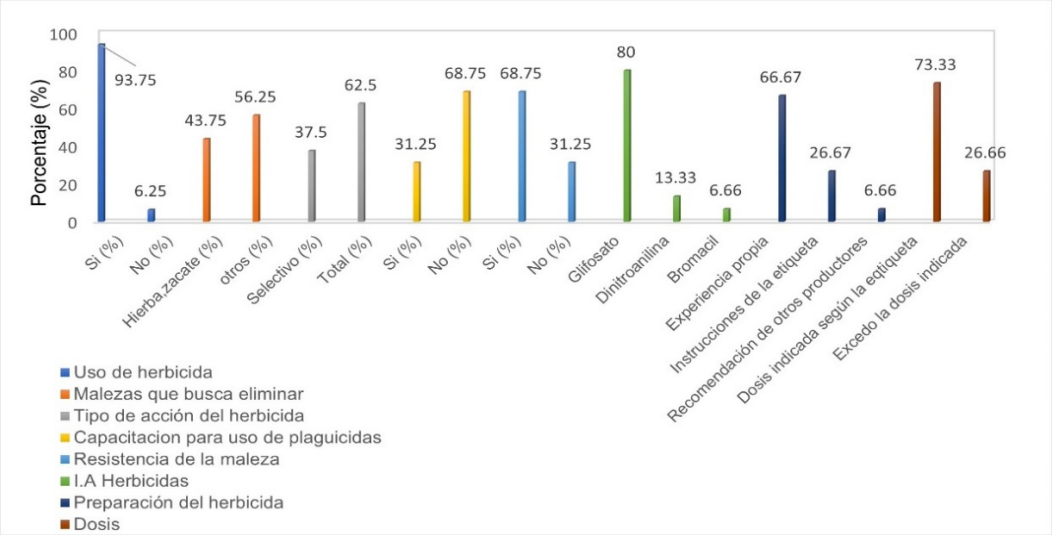


Figura 2. Variables de estudio del manejo de los herbicidas en el cultivo de piña en los Robles, de Medellín de Bravo, Veracruz.

El 93.75% de los productores señala que utiliza herbicidas y el 68.75% dice no tener una capacitación para su uso, por lo que el mal uso de herbicidas causa un impacto negativo al suelo y al realizarse malas prácticas, como aplicarlos de manera directa al suelo y el uso excesivo forman lixiviados que son afectados por el movimiento desmedido de los componentes químicos en el suelo, la durabilidad y acumulación de los herbicidas en suelos se ve influenciada por el tipo de suelo (Hansen *et al.,* 2013), por otra parte el 62.5% utiliza herbicidas de acción total, y el 56.25% lo utiliza para otros usos; además que el 68.75% de los productores ha notado una resistencia de las malezas.

Cuadro 1. Puntos de muestreo del pH del suelo en parcelas de piña manejados con herbicidas químicos.

Puntos de muestreo en parcelas con el uso de herbicidas	pH de suelo	Clasificación de suelo con base a la NOM-021-RECNAT-2000
Parcela 1	8.40	Fuertemente ácido
Parcela 2	6.43	Neutro
Parcela 3	5.15	Moderadamente ácido
Parcela 4	7.70	Medianamente alcalino
Parcela 5	8.22	Fuertemente ácido
Parcela 6	6.80	Neutro

Conclusiones

La población de productores piñeros argumentó que utilizan herbicidas, siendo el glifosato el más utilizado para controlar las malezas del cultivo de piña, la resistencia de las malas hierbas ha generado que los productores utilicen frecuentemente mayores dosis en la aplicación; asimismo contribuyendo a la acidificación de los suelos donde son cultivados. Las malas prácticas agrícolas que realizan los productores en el manejo de los herbicidas afectan los recursos naturales y la salud pública, por lo que también es importante concientizar a la población de que hay algunas otras alternativas para poder tener un cultivo de calidad.

Referencias bibliográficas

ASERCA. 2000. La Producción de piña en México, Historia de un patrimonio regional. Claridades Agropecuarias, 3–41.

Coppens d'Eeckenbrugge, G. And M. F. Duval. 2009. The domestication of pineapple: Context and hypotheses. pineapple News 16:15–27.

Flury, M. 1996. Experimental evidence of transport of pesticides through field soil. A review. J. Environ. Qual. 25:25-45.

Hansen, A. M., L. Treviño Q., H. Márquez P., M. Villada C., L. Gonzáles M., R. Guillen G. y A. Hernández A. 2013. Atrazina: un herbicida polémico. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 29:65-84.

Ramírez, M. A. 2009. Diversidad florística y macrofauna edáfica en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de PostgraduadoCampus, Tabasco. 86p.

EL TAMAÑO DE LAS AVES Y SU EFECTO EN LAS FUNCIONES DE LA LÍNEA COSTERA AL SUROESTE DEL GOLFO DE MÉXICO

Yael Aldair Hernández-Licona[1*], Jimmy Argüelles-Jiménez[1,2] y Marcell Reyes-Carranza[1]

[1]Escuela de Biología marina, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Av. Miguel Ángel de Quevedo S/N esquina Yañez, Veracruz, C.P. 91710, México.
[2]Fundación MarNatura A.C. Macadamia #12, Jardines de las Flores 2000, Xalapa, Veracruz C.P. 91153, México.
*Autor para correspondencia: yaealda1011@gmail.com

Palabras clave: *Salud del ecosistema, Grupo trófico, Línea costera.*

Introducción

Las líneas costeras mexicanas tienen gran importancia cultural, económica y natural asociado a diversos grupos biológicos como crustáceos, peces, reptiles, aves y mamíferos (Lara-Lara, *et al.*, 2008). Uno de los grupos biológicos que se suelen encontrar con frecuencia a lo largo de la línea costera, son las aves, las cuales se han adaptado a diversos ecosistemas, por lo que se pueden observar una gran cantidad de especies, que aprovechan los distintos recursos que se encuentran en ella (CONABIO, 2024).

De manera general, las aves se pueden clasificar en tres categorías: aves marinas, aves costeras y/o acuáticas y aves terrestres (Velarde González, *et al.* 2007). Estas tres categorías indican que las aves tienen una gran interacción con diversas especies y parte de estas interacciones se presentan durante las temporadas migratorias, en las cuales puede incrementar la riqueza de aves (Argüelles-Jiménez *et al.*, 2019).

La capacidad de las aves para reflejar la salud del ecosistema se puede relacionar con el tipo de ave, ya que Sol & Price (2008) señalan que el tamaño y la morfología de las aves influyen en las funciones ecológicas que estas realizan; por ejemplo, se ha visto que aves migratorias de tamaño grande cambian la estructura comunitaria de los ecosistemas de manera temporal, mientras que las aves migratorias pequeñas no influían en la dominancia de las especies residentes (Martin & Hayes, 2020).

Se ha visto que la redundancia funcional y su nivel trófico asociado ayuda a mantener las funciones de los ecosistemas, como sucede en agroecosistemas donde la mayoría de las especies pertenecen a un solo grupo trófico como el de las aves insectívoras (Cipriano-Anastasio *et al*., 2025); sin embargo, se desconoce cómo esto cambia en función de sus tamaños. Por lo que, esta aproximación se plantea aplicar a las aves de la línea costera de Boca del Río, Veracruz, México, donde se verá cómo cambian los ensambles comunitarios de las aves en la temporada migratoria invernal 2024-2025 en relación con sus tamaños y grupos tróficos. Los objetivos de este estudio son establecer ensambles y funciones de las aves debido a su tamaño en la línea costera de Boca del Río, Veracruz, identificar las aves en la línea de costa Boca del Río, Veracruz, estimar los ensambles comunitarios a lo largo de la temporada invernal 2024-2025 en la línea de costa Boca del Río, Veracruz y determinar las funciones de las aves a lo largo de la temporada invernal 2024-2025 en la línea de costa Boca del Río, Veracruz.

Materiales y métodos

El área de estudio comprende una porción de la línea costera de la parte sur, aledaña a la desembocadura del río Jamapa; en la zona estudiada se realizaron cuatro transectos de 1 km de largo y 600 m de ancho. Los recorridos se realizaron a pie, comenzando a las 7:00 am y se anotaron las especies y sus abundancias. Las especies fueron fotografiadas cuando no pudieron ser identificadas en campo y, posteriormente, se usaron las guías de Howell & Web (1992), así como también una guía sin publicar del Dr. Argüelles Jiménez para su confirmación taxonómica. Se realizó un listado taxonómico basado en el criterio de la American Ornithology Union (Chesser, *et al.* 2024). A cada especie se le asignaron las características de grupo trófico (clasificación de Cornell Lab of Ornithology, 2025 y modificaciones de los comportamientos observados) y tamaño, el cual se determinó por medio de literatura, parámetros de longitud total, envergadura y peso, representándose por medio de un clúster usando la distancia de Bray-Curtis a través del programa PAST, obteniendo como resultado aves chicas, medianas y grandes. Para establecer que especies dominaban a lo largo de la temporada, se utilizaron los índices de Shannon-Wiener y Pielou, posteriormente para analizar los cambios en los ensambles comunitarios y la función de las aves, se llevaron a cabo análisis de correspondencia canónicos (CCA) donde la variable

dependiente fueron la riqueza y abundancia de las aves ligado con tamaño y dieta, mientras que la variable independiente fue la temporalidad expresada como una variable factorial.

Resultados y discusión

Se registraron 39 especies agrupadas en 11 órdenes, 21 familias y 35 géneros; las familias más diversas fueron Ardeidae con 7 especies, Columbidae y Laridae con 4 especies; de igual manera se registraron 27 especies residentes y 12 migratorias. Se obtuvieron tres grupos de tamaño: chico, mediano y grande con 12, 19 y 8 especies respectivamente. Se encontró que las especies pertenecientes al grupo de tallas medianas predominan ante los demás grupos en todos los meses, posteriormente, grandes y chicas. Los meses con mayor abundancia de especies medianas fueron agosto y septiembre; mientras que, en noviembre y enero, se observó un aumento de especies grandes y la abundancia de especies chicas subió ligeramente en diciembre.

De forma general, las especies mantienen una proporción de abundancia a lo largo del muestreo. En cuanto a los grupos tróficos se obtuvieron seis: Carroña, Granívoro, Insectívoro, Invertebrados acuáticos, Omnívoro y Piscívoro con 2, 5, 4, 6, 7 y 15 especies respectivamente. Se logra observar que las especies pertenecientes al grupo trófico de piscívoros son dominantes y están presentes en todos los meses, seguida de las especies pertenecientes al grupo de invertebrados acuáticos, continuando con la presencia de especies pertenecientes a los grupos de omnívoros y granívoros que es constante en todos los meses, el grupo de especies que se alimenta de carroña está presente a lo largo de la temporada exceptuando los meses de agosto y mayo, mientras que el grupo trófico con menos presencia es el grupo de los insectívoros.

Las especies más abundantes en la temporada invernal, 2024-2025, fueron *Quiscalus mexicanus* (Residente), *Columba. livia* (Residente), *Pelecanus occidentalis* (Residente) y *Leucophaeus. atricilla* (Migrante Invernal), estando presentes en todos los meses, las especies menos abundantes fueron *Melanerpes aurifrons* (Residente) y *Thalasseus maximus* (Migrante Invernal), estando presentes únicamente en mayo y abril respectivamente; en general el patrón de importancia de las principales especies se mantiene en el tiempo, con excepción de mayo.

A lo largo de la temporada, se observa que los valores del índice de Shanon H' se encuentran entre 2 a 2.5 lo que representa una diversidad media, a excepción de los meses de agosto y enero en donde se tuvieron valores menores a 2 y un aumento en los valores de dominancia, los cuales son mayores a 1, lo que podría indicar el paso de especies migratorias por la zona; los meses en los que el sistema presentó una mayor diversidad fueron febrero, marzo y abril; acercándose al final de la temporada invernal, generalmente se observó una dominancia baja, lo que es un indicador de una buena salud del ecosistema.

En el CCA se muestra un patrón de distribución temporal, en el cual durante la temporada de secas (marzo, abril y mayo) se encontró una mayor abundancia del género *Thalasseus*, como sucedió con *T. acuflavidus* y *T. maximus*, mientras que en la temporada de nortes (noviembre, diciembre, enero y febrero) se encuentraron las mayores abundancias de *Nyctanacea violacea*, *Platalea ajaja*, *Ardea herodias* y *P. haliaetus.*

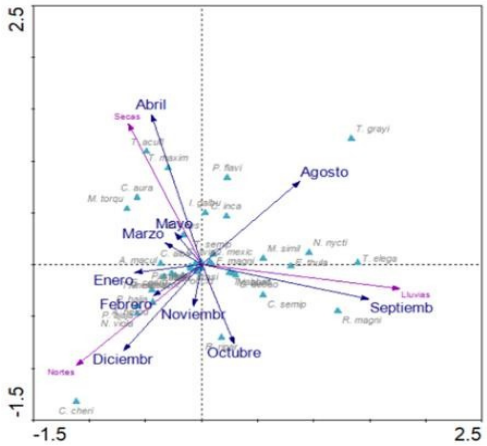


Figura 1. CCA de las especies en la temporada invernal 2024-2025 (F = 3.605; p = 0.0010; 87% de varianza explicada en los primeros dos ejes canónicos).

Por otro lado, en la época de lluvias (agosto, septiembre y octubre) se presentó, de manera similar, las especies *R. magnirostris* y *T. elegans*. De igual manera hubo una mayor abundancia de *T. grayi* en el mes de agosto y

mayor abundancia de *R. riparia* en octubre. Cipriano-Anastasio *et al.* (2025) obtuvieron que el grupo de las aves insectívoras domina el sistema ganadero del pastizal; sin embargo, para la línea costera de Boca del Río, se obtuvo que el grupo trófico dominante fue el de piscívoros, lo cual permite ver la influencia de la línea de costa en los hábitos alimenticios de las aves, pues el entorno en donde se encuentran esta principalmente rodeado de agua, en donde los recursos más abundantes son los peces, en comparación con los sistemas ganaderos de pastizales, en donde al estar, lo insectos son más abundantes, siendo este el alimento más consumido por la aves.

Rázuri & Velásquez (2016) encontraron que el tamaño del pico se relaciona con el tamaño del cuerpo, pero a pesar de que algunas aves presentaban picos del mismo tamaño, estas cumplían funciones diferentes, en la línea costera de Boca del Río, Veracruz. A lo largo de la temporada se observó que la mayoría de las especies se alimentan de peces; sin embargo, la forma y el tamaño del pico es diverso, lo que hace que algunas especies sean capaces de capturar peces de longitudes grandes como lo es el caso de *P. occidentalis*, el cual cuenta con un pico en forma de saco, que lo ayuda a capturar peces de estas longitudes, comparado con las especies que tiene un pico, cumpliendo la misma función, pero en diferente proporción.

Conclusiones

De las 39 especies registradas, la mayor parte son aves medianas, las especies más representativas de este grupo son *Q. mexicanus*, *C. livia* y *L. atricilla*; este grupo cuenta con la mayor abundancia registrada, las aves grandes, siendo las especies más representativas *P. occidentalis* y *F. magnificens*, presentaron una gran abundancia después de las aves medianas, por otro lado, las aves pequeñas, siendo *C. alba* y *A. macularis* las especies más representativas, registraron un mayor número de especies en el mes de agosto. En cuanto al grupo trófico, las aves pertenecientes a los grupos piscívoro e invertebrados acuáticos, fueron los grupos dominantes, lo cual nos permite observar que las aves costeras son las que predominan en este tipo de ambiente, pues pueden aprovechar al máximo los recursos presentes, incluso cuando su ecosistema se encuentra en degradación.

Referencias bibliográficas

Argüelles J., J., M. S. Reyes-Reyes, J. Martínez-Cruz, I. Valdivia- Torres, A. L. Gutiérrez V. and C. González-Gándara. 2019. Evidence of change in migratory patterns of the ornithofauna in a coastal locality of the Gulf of Mexico during an ENSO event. J Microbiol Exp. 7(4):215–222.

Hayman, P., J. Marchant and T. Prater. 1986. Shorebirds: An Identification Guide. Houghton Mifflin Company, Boston. 412 p

Howell, S. N. G. and S. Webb. 1992. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America

Rázuri, A. O. and L. P. Velásquez. 2016. Características morfométricas de aves relacionadas a su gremio alimenticio. ARNALDOA 23(1):393-404.

Velarde G., M. E., A. Martínez Villasis y J. C. Gallardo del Á. 2007. Las aves de Sistema Arrecifal Veracruzano. Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche.

PATRONES DE ACTIVIDAD TEMPORAL DE SPHINGIDAE (LEPIDOPTERA) EN UN AGROECOSISTEMA TROPICAL DEL ESTADO DE VERACRUZ

Jorge Alfredo Muñiz-Ramírez[1]*, Fernando Hernández-Baz[2], Daniel López-Lima[1], Juan Antonio Villanueva-Jiménez[3], Luis Alberto Lara-Pérez[4], Guillermo López-Guillén[5] y Juan Carlos Agudelo-Martínez[6]

[1]Posgrado en Ciencias Agropecuarias -Xalapa. Facultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, s/n, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.
[2]Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, s/n, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.
[3]Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km 88.5, carretera Xalapa-Veracruz, Mpio. Manlio F. Altamirano, C.P. 91690, Veracruz, México.
[4]Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Carretera Chetumal-Escárcega km 21.5, Ejido Juan Sarabia, C.P. 77960, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México.
[5]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa. Carretera Tapachula-Cacahoatan km 18, Tuxtla Chico, Chiapas, México. CP. 30870.
[6]Posgrado en Ciencias Agrícolas y Forestales. Facultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, s/n, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: ing_agr_jorge@hotmail.com

Palabras clave: *Polinizadores, Polillas halcón, Selva baja caducifolia, Ecología del comportamiento, Diversidad temporal.*

Introducción

Las polillas halcón o colibrí (Lepidoptera: Sphingidae) han sido descritas como extraordinarios polinizadores de un gran número de especies vegetales en la región Neotropical, por lo que desempeñan un papel importante en la biodiversidad y en el funcionamiento de los ecosistemas tropicales. Familias como Apocynaceae, Cactaceae, Capparaceae, Fabaceae, Malvaceae, Rubiaceae, entre otras, que florecen durante todo el año son polinizadas por estos insectos (Amorim *et al.,* 2009). Aunque la polinización nocturna ha sido poco estudiada en comparación con la diurna, cada vez hay más evidencia de la importancia de los polinizadores nocturnos en ecosistemas agrícolas y naturales. Actualmente las poblaciones de polinizadores se encuentran en un declive por diversas situaciones relacionadas a la pérdida del hábitat, el clima y otras actividades antrópicas, lo que hace urgente su monitoreo, especialmente en ecosistemas amenazados (ENCUSP, 2021). La selva baja caducifolia en el estado de Veracruz, a pesar de su importancia para la biodiversidad, es una de las vegetaciones más marginadas debido principalmente al cambio de uso de suelo. Asimismo, a nivel nacional, Veracruz ocupa el primer lugar en cuanto número de especies registradas de la familia Sphingidae; sin embargo, se conoce poco sobre los patrones de actividad de estas especies. Por tanto, la presente investigación tiene como objetivo describir los patrones de actividad de polillas halcón en un ecosistema agrícola, adyacente a remanentes de selva baja caducifolia en el estado de Veracruz. Se plantea como hipótesis que existen diferencias en los patrones de actividad entre distintos niveles taxonómicos, dado que el tiempo constituye un factor estructural en la organización del nicho ecológico, lo cual permitiría a las especies repartir o particionar los recursos disponibles.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental “La Bandera” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrícolas campus Xalapa de la Universidad Veracruzana. Este sitio de estudio está ubicado en el municipio de Actopan, Veracruz, México en las coordenadas 19º27´37.77´´N, 96º34´12.90´´O. El área comprende aproximadamente 28 ha con tipos de vegetación contrastantes, de las cuales 21 ha incluyen especies agrícolas como *Manilkara zapota* y *Mangifera indica* principalmente y 7 ha de área conservada con especies características de selva baja caducifolia en diferentes estados de conservación, desde primaria hasta secundaria. El clima de la zona de estudio es tropical lluvioso, con una temperatura promedio de 24 °C y una precipitación anual de 1026 mm. El periodo de estudio abarcó 20 meses, desde enero de 2023 hasta agosto de 2024. Los ejemplares de Sphingidae fueron recolectados bajo la licencia de colector científico FAUT-0194 de SEMARNAT una vez al mes a lo largo de toda la noche (18:00 a 6:00 h) durante la fase de luna nueva. Se utilizó una trampa de luz compuesta

por una sábana blanca como reflector y dos lámparas de vapor de mercurio de 250 W colocadas a cada lado. Los ejemplares recolectados fueron almacenados en sobres de papel glacín y trasladados a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Biología campus Xalapa de la Universidad Veracruzana para su montaje, conservación e identificación taxonómica hasta nivel de subfamilia, género y especie, siguiendo a Kitching (2023). Se utilizaron curvas de acumulación de especies generadas en iNEXT para estimar la representatividad del esfuerzo de muestreo en el área de estudio. La abundancia acumulada de cada especie de polilla halcón fue registrada por hora de muestreo (de 18:00 a 6:00 h; H1 a H12). Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, las diferencias entre subfamilias, géneros y especies de Sphingidae se calcularon utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y se estimaron gráficos de densidad kernel para comparar la distribución del muestreo de cada subfamilia a lo largo de la noche. Finalmente, la distribución temporal de cada especie se representó gráficamente mediante diagramas de caja ordenados por su mediana de aparición. Los análisis estadísticos y las visualizaciones fueron realizados bajo el lenguaje de programación de R (R Core Team, 2023).

Resultados y discusión

En total, se registraron 258 individuos, pertenecientes a 47 especies distribuidas en las subfamilias Smerinthinae (1 especie, 4 individuos), Sphinginae (10 especies, 60 individuos) y Macroglossinae (36 especies, 197 individuos). La curva de acumulación de especies alcanzó un 92.66% de cobertura, lo que indica un muestreo representativo en el área de estudio. Se encontraron diferencias significativas tanto en el número de individuos ($H = 23.363$; $p < 0.001$) como en el número de especies ($H = 27.03$; $p< 0.001$) en la actividad de vuelo entre subfamilias. Smerinthinae mostró su pico máximo de riqueza de especies y abundancia entre las 18:00 y 19:00 horas. Por su parte, Sphinginae presentó tres picos de actividad de vuelo en términos de abundancia a las 20:00, 23:00 y 2:00 horas, mientras que el pico de riqueza de especies se concentró entre las 19:00 y 20:00 horas. En cuanto a Macroglossinae, los picos de abundancia y riqueza de especies se registraron entre las 22:00 y 23:00 horas, y de 23:00 a 01:00 horas, respectivamente. Estos resultados sugieren que las subfamilias no presentan los mismos patrones de actividad nocturna, ya que varían tanto en cuántos individuos vuelan como en cuántas especies están activas a lo largo de la noche. La prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los géneros de la subfamilia Sphinginae mostró diferencias significativas ($H = 19.614$; $gl = 3$; $p < 0.01$). Los géneros *Ceratomia* y *Cocytius* presentaron su actividad principalmente durante el primer cuarto de la noche (H1 a H3), seguidos por el género *Agrius*, cuya actividad se concentró entre el segundo y tercer cuarto del monitoreo (H3 a H10). En contraste, el género *Manduca* mostró una distribución amplia, con actividad registrada a lo largo de toda la noche (Figura 1a). La actividad de vuelo de los géneros de Macroglossinae también mostró diferencias significativas ($H = 30.288$; $gl = 14$; $p < 0.01$), con un comportamiento similar entre varios de ellos. Los géneros *Nycerix, Perigonia*, *Hemeroplanes*, *Eumorpha* y *Darapsa* presentaron actividad principalmente durante el primer cuarto de la noche. En contraste, la actividad de vuelo de los géneros *Callionima* y *Madoryx* se concentró en los dos últimos cuartos de la noche (H6 a H12), mientras que los géneros restantes mostraron actividad de vuelo distribuida a lo largo de toda la noche (figura 1a). Al igual que Lamarre *et al.* (2015), se encontró que, en general, la familia mostró picos de actividad en la primera mitad de la noche (18:00–00:00 h) lo que sugiere un patrón conservado en esfíngidos neotropicales, posiblemente vinculado a la termorregulación o disponibilidad de recursos florales. La comparación de la actividad de vuelo dentro de cada género reveló diferencias significativas únicamente para los géneros *Eumorpha* ($H = 16.66$; $gl = 3$; $p = 0.0011$) y *Erinnyis* ($H = 13.439$; $gl = 6$; $p = 0.0366$), ambos pertenecientes a la subfamilia Macroglossinae (Figura 1b). Esto sugiere que incluso dentro de un mismo género, las especies presentan estrategias actividad temporales distintas, lo cual podría estar relacionado con la partición de recursos, competencia o adaptaciones específicas.

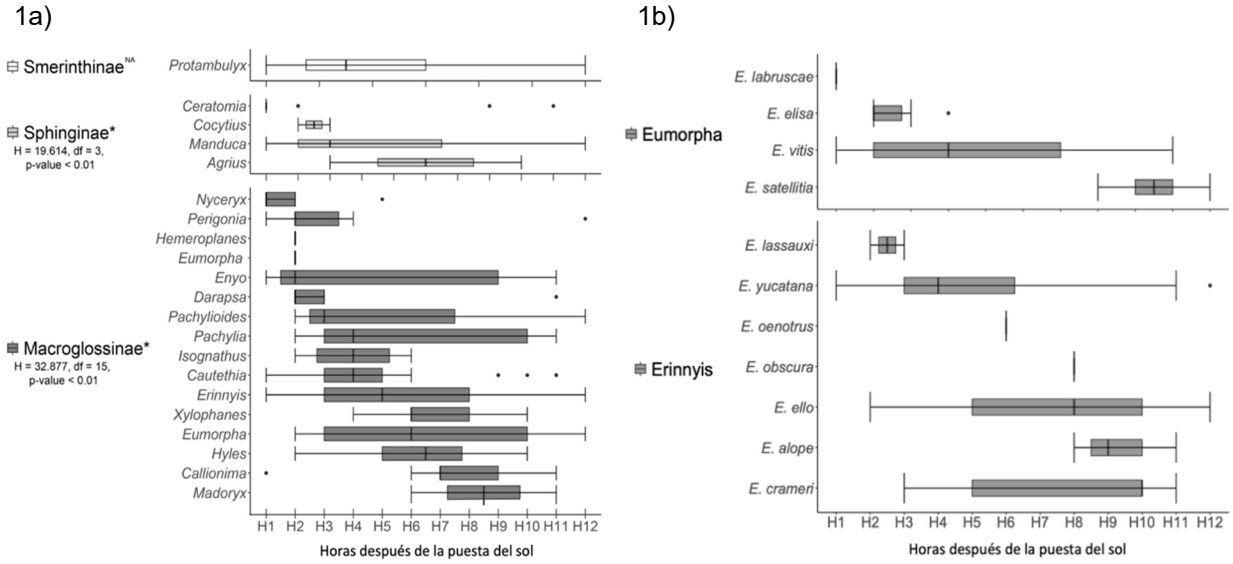


Figura 1. Distribución temporal de la actividad de vuelo de Sphingidae. a) Diferencias en el tiempo de aparición entre géneros durante la noche. No aplica (NA), asterisco (*) diferencias a nivel de $p < 0.01$ en la prueba de Kruskal-Wallis. b) Diferencias en el tiempo de aparición dentro de los géneros con diferencias significativas durante la noche. H1 a H12 horas después del atardecer de 18:00 a 6:00 horas.

Conclusiones

Las subfamilias de Sphingidae presentan diferencias significativas en sus patrones de actividad, situación que sugiere que se dividen el espacio temporal logrando una reducción en la competencia por alimentos. En cuanto a los géneros, se observaron especies con ventanas de actividad más estrechas y otras con comportamiento más generalista con actividad distribuida durante toda la noche. Se describen los primeros registros de segregación horaria intra-género en *Eumorpha* y *Erinnyis* evidenciando la partición temporal de recursos incluso entre especies relacionadas. Las especies con ventanas de actividad estrechas son más sensibles a perturbaciones por lo que se recomienda la implementación de corredores de vegetación nativa entre cultivos para preservar polinizadores nocturnos.

Referencias bibliográficas

Amorim, F. W., R. S. De Ávila Jr., A. J. De Camargo, A. L. Vieira and P. E. Oliveira. 2009. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. Journal of Biogeography 36(4):662-674.

ENCUSP (Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores) 2021. Primera edición. Gobierno de México. 116 pp.

Kitching, I.J. 2023. Sphingidae Taxonomic Inventory. http://sphingidae.myspecies.info/.

Lamarre, G. P. A., I. Mendoza, R. Rougerie, T. Decaëns, B. Hérault and F. Bénéluz. 2015. Stay Out (Almost) All Night: Contrasting Responses in Flight Activity Among Tropical Moth Assemblages. Neotropical Entomology 44(2):109–115.

R Core Team. 2023. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Software]. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/.

Agradecimientos

Este trabajo se llevó a cabo gracias a la beca número 843339 otorgada por el CONAHCYT y a las facilidades brindadas por las Facultades de Ciencias Agrícolas y Biología campus Xalapa de la Universidad Veracruzana.

CAMBIOS EN EL USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ÍDOLOS, VERACRUZ

Claudio Hoyos-Reyes[1*] y Luz Amelia Sánchez-Landero[2]

[1]Facultad de Instrumentación Electrónica, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria C.P. 91000, Xalapa, Ver.
[2]Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Zona Universitaria C.P. 91000, Xalapa, Ver.
*Autor para correspondencia: choyos@uv.mx.

Palabras clave: *Imágenes de satélite, Sistemas de información geográfica, Gestión territorial.*

Introducción

La transformación del uso de suelo en zonas rurales y periurbanas representa un proceso complejo y acelerado que afecta directamente la sostenibilidad de los ecosistemas, particularmente en regiones donde la cobertura vegetal desempeña un papel clave en la regulación ambiental. En la subcuenca del Río Ídolos, Veracruz, se han identificado cambios significativos en el paisaje, impulsados por la expansión de actividades agrícolas, urbanización y procesos de deforestación, relacionados con el crecimiento poblacional y las necesidades económicas locales. Estos cambios han reducido la cobertura natural, comprometiendo funciones ecológicas fundamentales como la conservación de la biodiversidad, el mantenimiento del microclima y la protección del suelo (Ellis & Ramankutty, 2008). El análisis espacio-temporal del uso del suelo permite entender cómo estos procesos impactan la funcionalidad del territorio y ofrece herramientas para la planificación sustentable. La pérdida de cobertura vegetal y su conversión a otros usos ha sido ampliamente documentada como uno de los principales motores de degradación ambiental a nivel local y regional (García-Romero *et al*., 2010; Turner *et al*., 2007). En este trabajo se analizaron los cambios en el uso del suelo en la subcuenca del Río Ídolos mediante el uso de imágenes satelitales Landsat y herramientas de sistemas de información geográfica, con el objetivo de identificar patrones de transformación del paisaje y las zonas con mayor presión antrópica de los años 1995 y 2013.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo el análisis de los cambios de uso de suelo en la subcuenca del Río Ídolos, se utilizó el programa QGIS 3.14, e imágenes del satélite Landsat; la metodología se estructuró en las siguientes etapas:

Datos satelitales. Se utilizaron imágenes Landsat correspondientes a los años 1995 (Landsat 5 TM) y 2013 (Landsat 8 OLI), obtenidas a través de la plataforma Earth Explorer del USGS. Estas imágenes permitieron realizar una comparación temporal para identificar y cuantificar los cambios en la cobertura del suelo.

Clasificación de uso de suelo. A partir de las imágenes procesadas, se realizó una clasificación supervisada utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud. Se definieron categorías de uso de suelo como agricultura (cultivos temporales, permanentes y de riego), pastizales, vegetación secundaria, bosque de encino y zonas urbanas. Esta clasificación temática permitió analizar la evolución de las coberturas a lo largo del periodo de estudio.

Reclasificación y comparación temporal. Las clases de cobertura fueron homologadas para ambos años a fin de garantizar la comparabilidad. Posteriormente, se realizó la cuantificación de las superficies (km²) de cada categoría mediante herramientas SIG, lo que facilitó la detección de patrones de transformación del paisaje.

Generación de cartografía temática. Se elaboraron mapas comparativos que evidencian los cambios espaciales de 1995 a 2013. Estos mapas permitieron identificar las áreas con mayor presión.

Resultados y discusión

El análisis de los cambios de uso de suelo en la subcuenca del Río Ídolos, Veracruz, de 1995 comparado con 2013, reveló una transformación sustancial del paisaje, atribuida principalmente a la expansión agrícola y urbana. En 1995, las áreas urbanas comprendían aproximadamente 22.5 km², lo cual se puede ver en el Cuadro 1.

Para 2013 la superficie urbana aumentó a 58.4 km², lo que representa aproximadamente un incremento del 160% en un periodo de 18 años. Este incremento se asocia a la expansión de cultivos temporales y permanentes, y a la urbanización progresiva de zonas cercanas a centros poblacionales. Simultáneamente, se observó una

reducción significativa en la cobertura vegetal natural, particularmente en bosques de encino y vegetación secundaria.

Cuadro 1. Clasificación del uso de suelo y vegetación en la subcuenca del Río Ídolos en el año1995.

Categoría principal	Subcategoría o tipo específico	Área (Km^2)
Cultivos	Agricultura de riego Agricultura de temporal	149.2
Pastizal	Pastizal cultivado permanentemente Pastizal inducido.	136.6
Bosques	Bosque de encino Vegetación secundaria de bosque de encino Vegetación secundaria de selva baja caducifolia Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.	167.8
Asentamientos urbanos	Zona urbana.	22.5
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua.	0.76

Esta disminución de coberturas forestales es consistente con patrones observados en otras regiones del país, donde el cambio en el uso de suelo ha sido impulsado por presiones socioeconómicas, expansión de la frontera agrícola y falta de políticas de ordenamiento territorial (Mas *et al*., 2009). En las Cuadro 2, se muestran los cambios más relevantes.

Cuadro 2. Clasificación de los usos de suelo y vegetación en la subcuenca del Río Ídolos para el año 2013.

Categoría principal	Subcategoría o tipo específico	Área (Km^2)
Cultivos	Agricultura de humedad semipermanente y permanente Agricultura de riego semipermanente Agricultura de temporal anual Agricultura de temporal anual y permanente Agricultura de temporal anual y semipermanente Agricultura de temporal plantación agrícola Agricultura de temporal semipermanente Agricultura de temporal semipermanente y permanente.	194.53
Pastizal	Pastizal cultivado permanentemente Pastizal inducido.	127.70
Bosques	Bosque de encino Vegetación secundaria de bosque de encino Vegetación secundaria de selva baja caducifolia Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia.	217.62
Asentamientos urbanos	Zona urbana.	58.4
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua.	0.76

Los mapas temáticos generados a partir de imágenes Landsat, mostraron una clara conversión de áreas con vegetación densa hacia superficies agrícolas y urbanas, particularmente en las zonas más próximas a núcleos poblacionales (Figuras 1 y 2). El análisis espaciotemporal evidenció un patrón claro, el crecimiento agrícola y urbano que ha sido a costa de coberturas naturales. Este fenómeno, además de transformar visualmente el paisaje, afecta el equilibrio ecológico y limita la capacidad del territorio para sostener procesos de regeneración natural.

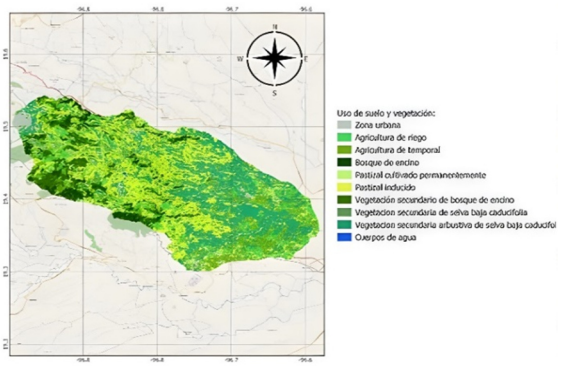


Figura 1. Usos del suelo en 1995.

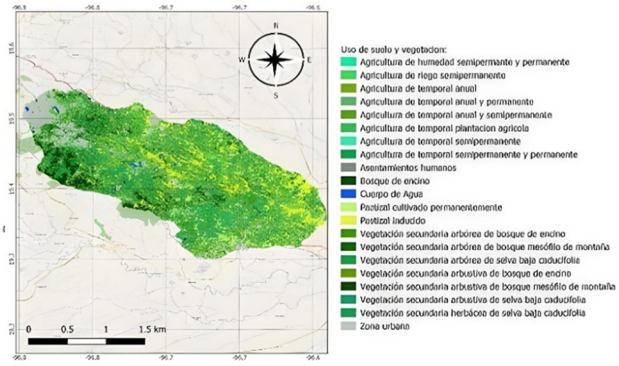


Figura 2. Usos del suelo en 2013.

Las zonas con mayor cambio fueron aquellas adyacentes a caminos, centros de población y áreas de fácil acceso, lo cual concuerda con estudios previos que identifican la accesibilidad como un factor clave en la conversión de uso de suelo (Václavík *et al*., 2013). Frente a este escenario, resulta esencial que los procesos de planificación territorial y gestión ambiental integren herramientas como los mapas temáticos elaborados a través del análisis multitemporal, ya que permiten visualizar tendencias, identificar zonas críticas y tomar decisiones fundamentadas. La evidencia obtenida en este estudio puede apoyar el diseño de estrategias de conservación y restauración del paisaje, así como orientar políticas públicas orientadas al uso racional del territorio**.**

Conclusiones

La pérdida progresiva de coberturas vegetales naturales y la conversión de tierras para actividades humanas, en un escenario de planificación deficiente, subrayan la necesidad imperante de implementar políticas de gestión territorial que prioricen la conservación y restauración del ecosistema. Se recomienda fortalecer los programas de ordenamiento territorial, promover prácticas agrícolas sostenibles y proteger las zonas de vegetación natural, con el fin de reducir la vulnerabilidad en la subcuenca. La visión de un desarrollo sustentable requiere de acciones coordinadas que integren el análisis espacial, monitoreo regular y participación activa de la comunidad y las autoridades, para atender las presiones causadas por el cambio en el uso de suelo y garantizar la conservación del equilibrio hidrológico del río Ídolos.

Referencias bibliográficas

Ellis, E. C. and N. Ramankutty. 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. Frontiers in Ecology and the Environment 6(8):439–447.

García-Romero, A., J. F. Mas and J. López. 2010. Land use-cover change in western Mexico: historical trends and future scenarios. Applied Geography 30(3):543–553.

Mas, J. F., A. Velázquez and S. Couturier. 2009. Land use and land cover change in Mexico: Recent trends and implications for environmental conservation. Land Use Policy 26(2):333–341.

Turner, B. L., E. F. Lambin and A. Reenberg. 2007. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences 104(52):20666–20671.

Václavík, T., S. Lautenbach, T. Kuemmerle and R. Seppelt. 2013. Mapping global land system archetypes. Global Environmental Change 23(6):1637–1647.

EVALUACIÓN DE LA BIORREMEDIACIÓN CON BACTERIAS HALÓFILAS EN SUELOS SALINOS AGRÍCOLAS

Norma Inés Vela-Zárate[1], Christian Reyes-Velázquez[1*], María Del Refugio Castañeda-Chávez[1], Isabel Araceli Amaro-Espejo[1] y Rosa Elena Zamudio-Alemán[1]

[1]Tecnológico Nacional De México / Instituto Tecnológico De Boca Del Rio Carretera Veracruz-Córdoba Km.12 C.P.94290. Boca del Río, Ver.
Autor para correspondencia: christianreyes@bdelrio.tecnm.mx.

Palabras clave: *Microbiología, Salinidad, Conductividad eléctrica.*

Introducción

La salinidad del suelo es uno de los mayores desafíos ambientales que enfrenta la agricultura moderna. Este fenómeno afecta aproximadamente al 20% de las tierras de riego en todo el mundo, lo que equivale a unos 62 millones de hectáreas, y se espera que esta cifra aumente debido al cambio climático y las prácticas agrícolas insostenibles (Egamberdieva *et al*., 2019). La acumulación excesiva de sales solubles en el suelo reduce la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes, lo que a su vez disminuye su rendimiento y, en casos extremos, puede llevar a la muerte de los cultivos. En México, se estima que aproximadamente el 10% de la superficie agrícola está afectada por la salinidad, lo que equivale a más de 2 millones de hectáreas. Estados como Sonora, Baja California y Chihuahua son los más afectados, con más del 20% de su superficie agrícola mostrando signos de salinización (INEGI, 2023). Para enfrentar estos desafíos, se han implementado diversas estrategias de remediación. Entre ellas, la aplicación de prácticas de manejo sostenible del suelo, como la rotación de cultivos, el uso de enmiendas orgánicas y la mejora de los sistemas de riego, han mostrado resultados positivos (CONAGUA, 2023). Sin embargo, una de las técnicas más prometedoras y sostenibles es la biorremediación mediante el uso de bacterias. Por ello los principales objetivos de esta investigación son aislar la microbiota bacteriana proveniente de suelo de uso agrícola y posteriormente evaluar el efecto biorremediador de bacterias halotolerantes en suelos con bacterias resistentes a diferentes grados de salinidad.

Materiales y métodos

a) Recolección de Muestras de Suelo

Las muestras de suelo de las localidades los Sauces, Jamapa y Mandinga se recolectaron utilizando una barrena de acero inoxidable esterilizada a profundidades de 0-20 cm, que es la zona de mayor actividad microbiana y raíces de plantas. Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno estériles y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su análisis en el laboratorio de investigación de recursos acuáticos.

b) Aislamiento y Cultivo de Bacterias Halófilas

Para el aislamiento de bacterias halófilas, las muestras de suelo se procesaron mediante una técnica de microcosmos, donde se suspendieron 10 g de suelo en 90 ml de agua peptonada buferada estéril, y se dejó en el agitador orbital durante 24 h, posteriormente se realizaron diluciones decimales en serie. Las diluciones se inocularon en tubos de ensaye con 9 ml de caldo nutritivo suplementado con 1.5% de NaCl y se incubaron a 30°C entre 24 y 48 h.

c) Evaluación de la Capacidad de Halotolerancia

Las cepas bacterianas aisladas se evaluaron por su capacidad de crecimiento en caldo nutritivo con diferentes concentraciones de NaCl (.5%, 1%, 1.5%, hasta 10%). El crecimiento bacteriano se midió mediante la escala de McFarland.

d) Ensayos de Biorremediación

Los bioensayos de biorremediación se llevaron a cabo en 7 matraces cada matráz contenía 20 g de suelo y 100 ml de caldo nutritivo al 0% de salinidad posteriormente se esterilizaron y cada matraz se inoculó con 5 ml de bacterias resistentes a 0% y 3% de salinidad y con una concentración de 3 (9×10^8 UFC) según la escala de McFarland. Se midió la conductividad de los matraces durante una semana.

e) Análisis Estadístico

Para comparar los valores de conductividad eléctrica (CE) antes y después del tratamiento experimental se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras pareadas, El análisis estadístico se realizó utilizando el software Jamovi (v2.5), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

Los resultados preliminares indicaron una diferencia significativa entre ambos momentos (antes y después del momento experimental) (W = 27.0, p = 0.006), lo cual sugiere un efecto potencial del tratamiento sobre la CE (Cuadro 1; Figura 1).

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos y comparación de CE mediante prueba de Wilcoxon.

Variable	Media (µs/cm)	De	Prueba aplicada	Estadístico	P
CE inicial	4302	1754	Wilcoxon (rangos con signo)	W = 27.0	0.006
CE final	3783	1782			

Nota: Los valores se presentan como media ± desviación estándar (DE). La prueba de Wilcoxon para muestras apareadas indicó diferencias estadísticamente significativas entre CE inicial y CE final (α = 0.05).

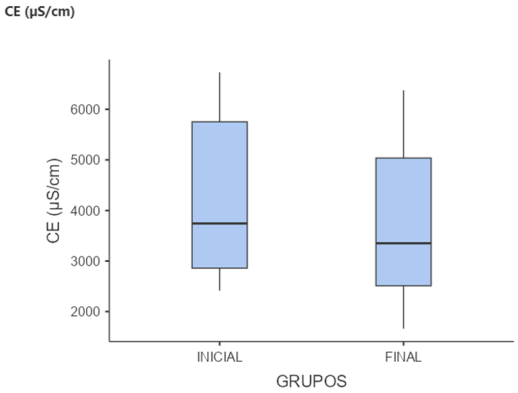


Figura 1. Gráfica de caja de la conductividad eléctrica (µS/cm) antes y después del tratamiento.

Durante los bioensayos de biorremediación, se evaluó el efecto de bacterias halófilas sobre la conductividad eléctrica (CE) en suelos agrícolas salinos. Los datos recolectados antes y después del tratamiento mostraron una disminución en los valores promedio de CE, pasando de 4302 ± 1754 µS/cm (etapa inicial) a 3783 ± 1782 µS/cm (etapa final), mismos que mostraron una diferencia significativa entre ambos momentos (W = 27.0, p = 0.006), lo que sugiere un efecto potencial del tratamiento microbiano sobre la concentración de sales solubles del suelo lo que representa una reducción aproximada del 12%. Este efecto podría deberse a los mecanismos fisiológicos de estas bacterias.

Rodríguez *et al.* (2019) mostraron en sus resultados mostraron un efecto directo de las bacterias halófilas en la disminución de la (CE) del suelo, pasando de 5200 µS/cm a aproximadamente 700 µS/cm tras aplicar bacterias halófilas en distintos tratamientos. Este efecto puede explicarse por la capacidad de las bacterias halotolerantes para adsorber iones salinos en su superficie celular, reduciendo así la concentración de sales libres en el medio. Además, muchas de estas bacterias producen exopolisacáridos (EPS), compuestos extracelulares que forman una matriz viscosa capaz de retener agua y atrapar iones, lo que contribuye a la estabilización del entorno salino (Palomino, 2020). Esto también mejora la estructura del suelo al favorecer la agregación de partículas, lo que reduce la movilidad de las sales. Adicionalmente, estas bacterias pueden modificar el microambiente edáfico mediante la liberación de metabolitos y la alteración del pH local, creando condiciones más favorables para la retención de nutrientes y la disminución de la salinidad efectiva (Rodríguez *et al.*, 2019). Estos mecanismos en conjunto explican la reducción observada en la conductividad eléctrica del suelo tras la inoculación bacteriana.

Conclusiones

Los resultados preliminares de este estudio sugieren que el uso de bacterias halófilas tiene un efecto positivo en la reducción de la conductividad eléctrica en suelos agrícolas salinos. La aplicación de estas cepas microbianas parece contribuir a la disminución de la concentración de sales solubles, lo cual representa un avance prometedor hacia estrategias sustentables de biorremediación.

Referencias bibliográficas

CONAGUA. 2023. Informe nacional sobre la calidad del agua. Comisión Nacional del Agua.

Egamberdieva, D., S. J. Wirth, A. A. Alqarawi, E. F. Abd_Allah and A. Hashem. 2019. Salt-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils. Frontiers in Microbiology 10:2791.
INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2023. Estadísticas agrícolas de México.
Palomino D., C. C. I. 2020. Obtención de exopolisacáridos (EPS) con actividad emulsificante de bacterias halófilas aisladas de la Laguna de Salinas, Arequipa [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.
Rodríguez A., M. A., N. C. Higuera M. y D. W. Sanjuanelo C. 2019. Bacterias halófilas con potencial para la recuperación de suelos salinizados en Sáchica-Boyacá, Colombia. Revista de Biología Tropical 67*(3):621–633.

VARIABILIDAD MORFOMÉTRICA DE VAINAS Y SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE LEGUMINOSAS NATIVAS DE INTERÉS AGROECOLÓGICO

Josué Ramos-Román[1], Manuel Villarruel-Fuentes[1]* e Ignacio Garay-Peralta[1]

[1]TecNM/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Km. 4.5 Carretera Cardel-Chachalacas, CP 91667. Úrsulo Galván, Ver., México.

Autor para correspondencia. dr.villarruel.fuentes@gmail.com

Palabras clave: *Recurso fitogenético, Rescate y conservación, Agroecología, Acahual.*

Introducción

En el trópico mexicano los sistemas de producción agrícola basados en monocultivos y el manejo de los hatos ganaderos bajo condiciones de pastoreo han generado diversas problemáticas ambientales, siendo la pérdida de la biodiversidad la más significativa (Pérez-Espejo, 2008). Desde hace al menos cinco décadas este deterioro ha erosionado el capital biológico de los ecosistemas naturales (Cevallos-Suarez *et al*., 2019), sin que exista la posibilidad de cambios sustanciales en las prácticas agrícolas y pecuarias a corto o mediano plazo, lo que prevé un posible recrudecimiento de estas condiciones en los próximos años. A pesar de los esfuerzos por alcanzar la reconversión agroecológica dentro de los modelos de producción, persiste una marcada inclinación hacia esquemas intensivos, altamente tecnificados y con un enfoque mercantilista. En este contexto, resulta indispensable rescatar y propagar el material genético vegetal que ha logrado adaptarse a los ambientes antropizados característicos de los trópicos (Muñóz-Jiménez *et al*., 2019), dicho material sobrevive en condiciones adversas, sin que se conozca su potencial de uso dentro de los sistemas productivos. Las leguminosas nativas son el mejor ejemplo de esta variabilidad genética presente en los entornos perturbados, las cuales ofrecen una alternativa alimenticia para herbívoros rumiantes y no rumiantes, además de contribuir a la recuperación de suelos y brindar servicios ambientales. Como señalan Alatorre-Hernández *et al*. (2018), la valoración de una especie como recurso fitogenético resulta fundamental para su aprovechamiento, conservación y mejoramiento. En este sentido es importante considerar el vigor de la semilla y de la plántula para optimizar la germinación, emergencia y desarrollo inicial de la planta (Peña-Valdivia *et al*., 2013). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la caracterización morfológica de vainas y semillas de tres leguminosas nativas de la región central del estado de Veracruz, con potencial para incorporarse a sistemas de producción con manejo agroecológico.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica y clima. El estudio se desarrolló en el Vivero Agroforestal Pecuario del TecNM/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Ver., México, localizado a 19º 24’ 42.8’’ N y 096º 21’ 28’’W en la Llanura Costera del Golfo Sur, a una altura de 14 m; el área de investigación fue de 2400 m^2, caracterizada por suelo arcilloso con 15% de materia orgánica, un clima AW_2, con precipitación media anual de 1100 mm, temperatura promedio de 28ºC y una humedad relativa del 85%.

Material biológico. Incluyó tres leguminosas: *Cajanus cajan* (frijol de árbol), *Phaseolus vulgaris* L. (forma silvestre del fríjol común domesticado) y *Centrosema plumieri* (Turpin ex Pers.) Benth.

Colecta de material genético. La colecta se realizó entre abril y principios de mayo de 2025. Las vainas se recolectaron manualmente en ocho recorridos sobre transectos lineales y transversales, cosechando todas las vainas observables; las vainas se colocaron en bolsas de papel y fueron llevadas para su análisis, al Laboratorio de Biodiversidad del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván.

Variables medidas: a) longitud de vaina (cm) desde la inserción del pedúnculo o pedicelo hasta el ápice; b) diámetro ecuatorial de la vaina (mm), en la parte plana y ancha de la vaina; c) peso de la vaina con semilla (g) incluyó todas las semillas; d) peso de la vaina sin semilla (g), se midió la vaina vacía; e) número de semillas por vaina, conteo total de semillas presentes; f) porcentaje de semillas viables (sanas/vanas), estimado mediante la observación de semillas dañadas; g) peso promedio de semilla (g), calculado a partir del peso total de semillas por vaina; h) longitud de semilla parte plana (cm), medida desde los extremos polares; i) diámetro de semilla parte plana (cm), en la zona aplanada de la semilla; j) diámetro de semilla parte ancha (cm), en la sección más estrecha de la semilla. Todas las medidas lineales se realizaron con vernier manual marca Pretul, y los pesos con una balanza digital profesional-mini (0.01–200 g).

Resultados y discusión

Cajanus cajan. Las vainas presentaron en promedio una media, moda y mediana de cuatro semillas por vaina, valor inferior a lo reportado por Arenas-Rubio *et al*., (2022) quienes registraron un promedio de cinco semillas por vaina. Esta variación puede atribuirse a la expresión genética de los ecotipos y a las condiciones edafoclimáticas de la región. La desviación típica (0.85) indica un comportamiento biológico aceptable, cercano al observado en cultivares comerciales. La longitud promedio de vaina fue de 7.08 cm, superior a los 5.6–6.4 cm reportados por Arenas-Rubio *et al*., (2022), pero inferior a los 8.31–10.21 cm de Sarmiento *et al.* (2021). El peso promedio de vainas con semillas fue consistente con los hallazgos de Mendoza-Pedroza *et al*. (2023), quienes reportaron 0.6 g y 3.8 semillas por vaina; con base en el peso promedio de semilla, se estimaron 8,333.33 semillas por kilogramo, inferior a las 11,111.11 citadas por los mismos autores. El diámetro promedio de semilla fue de 6.51 mm, menor a los 8 mm reportados por Balvanera (1990). La longitud y el diámetro en la parte plana de la semilla fueron de 0.701 y 0.427 cm, respectivamente, mostrando homogeneidad y baja variabilidad dentro de la accesión de *C. cajan*. El porcentaje de semillas viables fue del 92%, ligeramente inferior al 98% de semilla pura reportado por Mendoza-Pedroza *et al*. (2023).

Centrosema plumieri. La longitud promedio de vaina fue de 10.28 cm, dentro de los rangos reportados por CONABIO (2011) (10–13 cm) e Infopastos (2019) (10–15 cm). En cambio, los diámetros 5.8 mm en la parte plana y 9.2 mm en la parte ancha, fueron inferiores a los 8–12 mm señalados por CONABIO y a los 1.5 cm de Infopastos, aunque superiores a los 10 mm de WFO (2025). El número promedio de semillas por vaina (10.06) resultó menor al rango de 15–20 descrito por Infopastos (2019), posiblemente debido a que en ese estudio, *C. plumieri* se evaluó bajo condiciones de manejo agronómico. El bajo peso promedio de semilla (0.10 g) corresponde a unas 10,000 semillas por kilogramo; bajo un arreglo de 1 m entre surcos y 5 cm entre plantas, se requerirían 20 kg de semilla por hectárea, cantidad superior a los 5–7 kg recomendados por Peters *et al*. (2010). Las semillas presentaron en promedio 6.5 mm de longitud y diámetros de 4.4 y 5.8 mm (plano y ancho, respectivamente), valores semejantes a los reportados por CONABIO (2011) y Peters *et al*. (2010). La viabilidad fue del 94%, superando el 70% mínimo recomendado para fines productivos (Bernal-Eusse, 1990).

Phaseolus vulgaris (silvestre). La longitud promedio estimada de 5.47 cm se ubicó por debajo del límite inferior reportado para este tipo de especies, mientras que el peso promedio individual de la semilla fue también bajo (0.05 g), aunque superior a lo señalado por Meza-Vázquez *et al*. (2015), quienes reportaron que el peso de 100 semillas varió de 1.0 g en *P. leptostachyus* (0.01 g por semilla) a 11.2 g en *P. nodosus* (0.112 g por semilla). Esta reducción en el tamaño y peso de la semilla podría atribuirse a las condiciones de suelo y clima de la zona de colecta, lo que ubica a las accesiones como ecotipos. La evidencia disponible indica que las variaciones observadas entre frijoles silvestres de diferente procedencia, así como entre éstos y las variedades cultivadas, están influidas principalmente por la altitud, factor que modifica de manera significativa la producción de semilla (Wallander-Compean *et al*., 2021). Si bien el desarrollo de las vainas depende de la especie y del ambiente en que se establecen, algunas poseen de manera natural vainas pequeñas con pocas semillas, como *P. microcarpus*, *P. micranthus* Hook. & Arn. y *P. leptostachyus* Benth; mientras que otras, como *P. albescens, P. maculatus subsp. ritensis* y *P. lunatus* L., presentan vainas y semillas de mayor tamaño (Meza-Vázquez *et al.*, 2015). En cuanto al número promedio de semillas por vaina (3.69), éste fue inferior a lo observado en el frijol tipo maleza, que suele presentar entre 4.2 y 5.8 semillas por vaina, aunque con un tamaño mayor (11.9–6.3 g por cada 100 semillas) en comparación con las formas silvestres tradicionales. Por su parte, las estimaciones de las características de la semilla en *P. vulgaris* muestran promedios de 0.71 cm en longitud y de 0.29 cm y 0.53 cm en diámetro (parte plana y parte ancha, respectivamente), lo que representa un mayor tamaño a lo registrado en *P. leptostachyus* (3 mm), e inferior a *P. maculatus* (7.9 mm) (Meza-Vázquez *et al*., 2015).

Conclusiones

Las especies estudiadas mostraron una adecuada expresión biológica, lo que abre la posibilidad de realizar colectas con fines de rescate y conservación del germoplasma nativo, factible de emplearse en sistemas agrosilvopastoriles y en la recuperación de suelos marginales, coadyuvando a la conservación de la biodiversidad.

Referencias bibliográficas

Alatorre-Hernández, A., Guerrero-Rodríguez, J. D., J. Olvera-Hernández, I., Aceves-Ruíz, E. y Vaquera-Huerta, H. 2018. Leguminosas forrajeras herbáceas de enredadera, recursos poco valorados en el trópico seco. *Rev. Fitotec. Mex*., 41(4): 403-411.

Arenas-Rubio, I., Moreno-Pérez, S., Montero-Cantillo, Y. D. y Gutiérrez-Berdugo, I. A. 2022. *Descriptores de guandul (Cajanus cajan [L.] Huth.). Guía ilustrada y catálogo técnico*. Agrosabia.

Balvanera-Levy, P. (1990). *Aspectos etnobotánicos de Cajanus cajan (L), Millsp en México*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 221 p.

Meza-Vázquez, K. E., Lépiz-Ildefonso, R., López-Alcocer, J. J. y Morales-Rivera, M. M. 2015. Caracterización morfológica y fenológica de especies silvestres de frijol (*Phaseolus*). *Rev. Fitotec. Mex*., 38 (1): 17-28.

Wallander-Compean, L., Almaraz-Abarca, N., Alejandre-Iturbide, G., Uribe-Soto, J. N., Ávila-Reyes, J. A., Torres-Ricario, R., Herrera-Arrieta, Y. y Delgado-Alvarado, E. A. 2022. Variación fenológica y morfométrica de *Phaseolus vulgaris* (*fabaceae*) de cinco poblaciones silvestres de Durango, México. *Botanical Sciences* 100 (3): 563-578.

CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATO ORGÁNICO OBTENIDO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL MUNICIPIO DE GUTIÉRREZ ZAMORA, VER.

Raúl Alejandro Limón-Hernández[1*], Verónica López-Hernández[1], Johana García-Atzin[1], Iriana Hernández-Martínez[1] y Estrella Marina Marquez-Dorantes[1]

[1]Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, carretera Gutiérrez Zamora - Boca de Lima, km 2.5, C.P. 93554, Gutiérrez Zamora, Ver; México.
Autor para correspondencia: raul.limon@utgz.edu.mx.

Palabras clave: *Biorreactor aerobio, Composta, NPK, Digestión.*

Introducción

En la actualidad, uno de los desafíos más apremiantes que enfrentan las comunidades a nivel global es la gestión adecuada de los residuos orgánicos. Estos residuos son desechos de origen biológico y provenientes de actividades humanas, representan una carga ambiental significativa cuando no se manejan correctamente. Su acumulación descontrolada puede generar diversos problemas, incluyendo la contaminación del suelo, del agua y del aire, así como la generación de olores desagradables y la proliferación de vectores de enfermedades (Palaniveloo *et al.,* 2020). Por esto, hoy en día se está en la búsqueda de alternativas para el manejo de residuos orgánicos, siendo relevantes las tecnologías eficientes y ecológicamente viables que puedan procesar la mayor cantidad de residuos orgánicos con la finalidad de mitigar sus impactos ambientales en el agua, aire, suelo y salud humana.

La digestión aerobia ofrece una vía prometedora para la degradación controlada de materia orgánica y genera sustratos orgánicos de alta calidad que pueden ser aprovechados. Este enfoque no solo permite la gestión efectiva de residuos orgánicos, reduciendo así la carga ambiental, sino que también presenta la oportunidad de cerrar el ciclo de nutrientes en la agricultura, promoviendo la sostenibilidad del sistema. Los principales factores en el control de un proceso de compostaje incluyen parámetros ambientales (temperatura, contenido de humedad, pH y aireación) y parámetros de naturaleza del sustrato (relación C/N, tamaño de partícula y contenido de nutrientes) (Vargas-Pineda *et al.,* 2019).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades fisicoquímicas y nutrimentales de un sustrato obtenido en un reactor aerobio, a partir de residuos orgánicos recolectados en el municipio de Gutiérrez Zamora, Ver.

Materiales y métodos

Obtención de muestra de sustrato. La muestra se obtuvo de un reactor aerobio construido con bronce metálico que se encontraba en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, el cual operó durante 12 semanas con una relación C/N DE 35 y procesó una diversidad de residuos orgánicos recolectados de mercados y tiendas de conveniencia del municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz.

Determinación de parámetros fisicoquímicos del sustrato. Se determinó la humedad y sólidos totales (ST) por el método de la estufa (NMX-AA-016-1984). Por calcinación se cuantificaron los sólidos volátiles (SV) a 550ºC y cenizas (SF) a 800ºC por 7 horas (NMX-AA-018-1984). El carbono orgánico (CO) se calculó dividiendo SV/1.724. El pH se midió utilizando un potenciómetro portátil HI98129 (NMX-AA-25-1984).

Determinación de nutrientes NPK del sustrato. Se tomó 1 g de sustrato y se agregaron 20 mL de solución extractora de nutrientes, se tomaron cuatro viales porta muestra y a cada uno se le añadieron 4 mL. En el análisis de nutrientes de NH_4, NO_3, P_2O_5 y K_2O, se siguieron los pasos marcados por los procedimientos del equipo de medición HI83325-01 (Fotómetro multiparamétrico) y se reportaron los resultados en porcentaje de N,P, K para compararlos con la NMX-AA-SCFI-2018.

Resultados y discusión

Al comparar el aspecto de los residuos orgánicos recolectados y el sustrato obtenido se visualizan diferencias en forma y textura (Figura 1), el color de la composta fue marrón y presentó olor agradable similar a tierra mojada, no se distinguió ningún aroma que pudiera indicar descomposición, y al revisar la muestra, se encontró presencia de larvas de mosca soldado, por lo que se infiere que ayudaron en la descomposición de los residuos orgánicos y a reducir los tiempos de digestión.

Figura 4. Muestra de residuos orgánicos (izquierda) y sustrato obtenido (derecha).

Los resultados del producto final se presentan en el Cuadro 1. Al compararlos con la NMX-AA-SCFI-2018 se puede apreciar que la humedad se encuentra en el rango normativo de 25 – 45%, el pH se encontró dentro del rango 6.7 – 8.5, la materia orgánica (SV) se encuentra superior 20%, de igual forma con CO sobrepasa el 10% mínimo que debe indicarse en la etiqueta del resultado de análisis. En relación a los nutrientes, el nitrógeno mostró una presencia de 1.321% y el contenido de N, P, K total fue de 2.395%, lo cual queda catalogado como "Composta - mejorador de suelo orgánico" y con respecto al contenido de N es de tipo III.

Cuadro 3. Caracterización de sustrato final.

Característica	Valor
Humedad (%)	33.5 ± 1.25
ST (%)	66.5 ± 1.25
SV 550ºC (%)	59.8 ± 0.084
SF 800ºC (%)	40.2 ± 0.04
CO (%)	34.686 ± 0.084
pH	7.87 ± 0.478
P (%)	0.1845
N (%)	1.3217
K (%)	0.8892

Al comparar los nutrientes en sus formas de sales solubles se analizó en concentración mg/kg, los resultados del producto final mostraron un incremento frente a los nutrientes solubles de los residuos orgánicos utilizados como materia prima del sustrato (Figura 1). En el caso de las fuentes de nitrógeno, NH_4 aumentó de 33 a 265.7 mg/kg y NO_3 desde 0 hasta 12952 mg/kg, mientras que K_20 aumentó desde 0 hasta 8893 mg/kg, esto indica que los residuos cuentan con fuentes de nitrógeno pero no son solubles (asimilables) para las plantas como proteínas y aminoácidos de cadenas largas y que la digestión promovió la solubilización. Por otra parte, el P_2O_5 comenzó desde 2080 y terminó en 1845 mg/kg siendo el único nutriente que disminuyó con respecto al producto, esto puede ser debido a que fue consumido por el metabolismo de los microorganismos aerobios que ayudaron en la degradación orgánica (Macías *et al*., 2020). Cabe señalar, que aunque el sustrato cumple con la normatividad, se esperaba un mayor contenido de nutrientes; sin embargo, se debe considerar que el proceso mediante el cual se obtuvo el sustrato, realizó una digestión a baja temperatura, debido a la falta de un espacio completamente seguro. El reactor alternaba de un espacio climatizado (laboratorio de química) a un espacio a temperatura ambiente, donde alcanzaba temperaturas no mayores a los 30°C, mientras que dentro del espacio climatizado la temperatura se mantiene entre 21°C y 23°C, lo cual pudo inhibir el correcto crecimiento de las colonias de microrganismos que degradan la materia orgánica. Por lo anterior, se podría considerar el desarrollo a futuro, de un nuevo experimento, manteniendo en todo momento la temperatura ambiente.

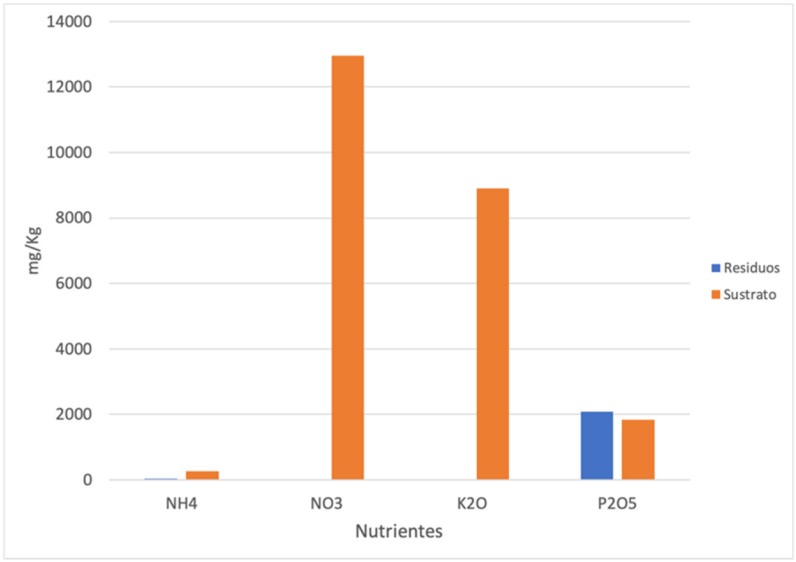


Figura 5. Contenido de nutrientes solubles en residuos orgánicos y en sustrato.

Conclusiones

El sustrato final obtenido tras doce semanas dentro del reactor aerobio, cuenta con un color y aroma correspondientes a los de un sustrato tipo composta terminada (similar a tierra). El contenido de nutrientes indica que las fuentes presentes en los residuos orgánicos con la que se cargó el rector se han solubilizado y mineralizado de forma tal, que se podría considerar al producto evaluado como una composta de tipo III de acuerdo con NMX-AA-180-SCFI-2018.

Referencias bibliográficas.

Macías Duarte, R., Grijalva Contreras, R. L., Robles Contreras, F., López Carvajal, A., & Núñez Ramírez, F. 2020. Respuesta de la composta sobre la fertilidad, humedad del suelo, contenido nutrimental en hojas y productividad en olivo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11(8).

Palaniveloo, K., Amran, M. A., Norhashim, N. A., Mohamad-Fauzi, N., Peng-Hui, F., Hui-Wen, L., Kai-Lin, Y., Jiale, L., Chian-Yee, M. G., Jing-Yi, L., Gunasekaran, B., & Razak, S. A. 2020. Food waste composting and microbial community structure profiling. *In* Processes 8(6): 1–30. MDPI AG.

Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. 2019. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. Orinoquia, 23(2).

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENVASES GENERADORES DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L.)

José Armando Vidal-Herrera*[1], María Del Refugio Castañeda-Chávez[1], Juan Valente Megchún-García[1], Gabycarmen Navarrete-Rodríguez[1] e Isabel Araceli Amaro-Espejo[1]

[1]Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río, Boca del Río, Veracruz, México.
Autor de correspondencia: armando13vidal@gmail.com

Palabras Clave: *Agroquímicos, Insecticidas, Triple Lavado, Centro de acopio Temporal.*

Introducción

La agricultura ha sufrido un aumento exponencial causado por el incremento poblacional, produciendo una demanda significativa de productos cultivables; ante esto, los productores han tenido la necesidad de utilizar productos químicos para controlar plagas de los cultivos, como es el caso de la piña. Por lo general, son presentados en envases plastificados para contener, transportar y almacenar los químicos para el sector agrícola (Martínez *et al.,* 2018); sin embargo, la gestión de estos envases es muy importante, ya que, de esta manera, se puede evitar daños a la salud pública y al medio ambiente a largo plazo. Estos envases pueden causar un problema ambiental ya que se generan afectaciones para el agua y el suelo, así como a la salud pública, por el contacto con estos envases sin medidas de seguridad. Ante esto, se requiere seguir las normas mexicanas e internacionales referentes a los residuos peligrosos, como el tener sus envases libres de químicos o que tengan lugares para almacenar los envases una vez utilizados (González *et al.,* 2016). Por lo cual el objetivo de este proyecto fue identificar la situación del uso de los envases de agroquímicos por parte de los productores piñeros en la zona de Los Robles y establecer un plan de gestión para su mejor manejo.

Materiales y métodos

La investigación fue desarrollada en la localidad de los Robles, Medellín de Bravo, Veracruz, en donde se cultivan alrededor de 1000 ha de piña. Para la recopilación de la información de agroquímicos, se realizó una encuesta a productores piñeros de los Robles, recopilando datos acerca del uso de insecticidas, fungicidas, fertilizantes foliares y reguladores de crecimiento, además, información sobre el uso de los envases después de la utilización de su contenido.

Una vez obtenida la información, se realizó un plan de gestión sobre el manejo de residuos peligrosos, para que los agricultores tuvieran una correcta disposición final de envases, concientizando a la localidad sobre los daños ambientales y el impacto a la salud pública, cuando no hay un correcto uso de agroquímicos; posteriormente, se realizó una capacitación de la técnica de triple lavado de envases, técnica para optimizar sus agroquímicos y que puedan llevarse a centros de almacenamiento para una correcta disposición. Se entrevistaron a 30 productores de la localidad, se tomó a estas personas de referencia, ya que nos mencionaron previamente que tenían interés por comenzar a exportar las piñas que producían, sin embargo, no tenían conocimiento previo sobre la manera correcta de llevar este proceso con todas las regulaciones correctas.

Para la aplicación de la encuesta, se planteó un punto estratégico, donde los productores pudieran llegar para realizar la encuesta de manera rápida y puntualizar todas las dudas que fueran surgiendo, se externaron preguntas concisas, desarrollando un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas. Las variables tomadas para la encuesta fueron: la modalidad de cultivo que tienen los productores, el sistema de riego que suelen aplicar dentro de las parcelas, también se recabó información sobre el tipo de agroquímico que aplicaban, ya sea insecticida, fungicida, fertilizantes foliares y fitohormonas: aunado a esto, se preguntó acerca del problema que presentaban dentro de sus parcelas y por el cual decidían aplicar el agroquímico, como preguntas adicionales, se recopiló información sobre sus envases de plaguicidas, además de donde depositaban dichos envases cuando ya no eran utilizados. Adicionalmente a esto, se les preguntó a los productores de piña si tenían conocimiento acerca de la técnica de triple lavado para envases de plaguicidas y si estarían interesados en que se les realizará una capacitación de la técnica en caso de desconocer dicha aplicación. Una vez obtenido todos los datos y la información recabada se realizó un análisis de los datos en la paquetería Excel para Microsoft 365 versión 2501, con la finalidad de estructurar de manera ordenada, los resultados arrojados dentro de la encuesta y poder tomar una mejor iniciativa sobre la gestión de los envases de la zona.

Resultados y discusión

Los resultados arrojados dentro de la encuesta demostraron que, los agricultores usaban una mochila tipo bomba como sus sistemas de riego principal en sus cultivos (50%) siendo un valor bajo significativo, ya que, al llegar a las parcelas de los productores, no se detectaron sistemas de riego acondicionado, un 20% de los productores mencionó que hacían uso del sistema de riego portátil, además se sugiere que el 56% aplicaban en mayor cantidad el insecticida Dimetoato.

El fungicida con el compuesto activo Tia-Bendazol fue el más utilizado en las parcelas de los productores (31%), estos mencionan, que suelen presentar resistencia a los fungicidas, debido a eso, suelen combinar fungicidas con una cantidad considerable de insecticidas. Entre los fertilizantes foliares más utilizados el 31% de los productores mencionó al Ácido Fosfórico y compuestos a base de nitrógeno, las especificaciones de este compuesto nos mencionan que es un fertilizante usado comúnmente en suelos alcalinos y donde se aprovecha de manera eficiente sus características (SEMARNAT, 2017). Las fitohormonas con el ingrediente activo de Citocininas el 37% de los productores son las más aplicadas dentro de las parcelas.

Respecto al manejo de envases de plaguicidas, más del 50% de los productores no los almacenaba y más del 30% contaba con una bodega especial para guardarlos, pero sin un correcto manejo de ellos. El 40% de los productores arrojan sus envases a la basura sin limpiarlos, y más del 30% de los productores queman los envases junto con el rastrojo de sus cultivos. El 56% de los productores, mencionaba que no realizaban un almacenamiento de los envases, es decir, eran arrojados a la basura, o arrojados dentro de la parcela (6% contestaron que lo realizaban). El 31% de los agricultores mencionaba que los envases de plaguicidas los colocaban dentro de una bodega adaptada a las afueras de su casa, otro 6% mencionaba que los envases utilizados los almacenaban dentro de su casa, cerca de la sala. Después de haber utilizado los envases, 43% de los productores arrojan sus envases a la basura de limpia pública para que, posteriormente, el camión recolector se los llevara de la zona, un 37% de los quema junto con el rastrojo después del día de trabajo, un 12% los dejan en su casa y en algunos casos, los utilizan para consumo personal o para macetas usadas para sus flores o para lavar vehículos, y un 6% ha mencionado que lo arrojan en la parcela, dejando que se regara el residuo del plaguicida en el cultivo; los productores han mencionado que suelen encontrarse animales muertos cerca de los cultivos.

Analizando los datos, se aplicó una capacitación sobre la técnica de triple lavado, presentando una propuesta para instalar centros de almacenamiento temporales para los envases, instalado en lugares de fácil acceso para los productores y evitando más contaminación dentro de las parcelas. Todos los productores comentaron que desconocían el uso de dicha técnica, posteriormente, se planteó la idea de darles una plática sobre la implementación de la técnica de triple lavado para el manejo de sus envases a lo que ellos estuvieron de acuerdo de llevar a cabo, se tocaron puntos importantes como el beneficio que conlleva el uso de esta técnica, la manera correcta de aplicarlo y se les mencionó que es de suma importancia llevarse de manera eficiente, ya que si los productores desean vender su producto fuera del estado o del país, por normativa se pedirá que se lleve a cabo un manejo responsable de envases de plaguicidas, así como tener un Centro de Acopio Temporal, para poder trasladar los envases una vez tratados adecuadamente.

Los productores aplican agroquímicos en sus parcelas sin respetar la etiqueta de los envases, como se observó en este estudio, en coincidencia con Manrique *et al*. (2020), quienes además mencionan que el Dimetoato, es un insecticida organofosforado de gran impacto que repercute en la salud de las personas al ser inhalado por periodos prolongados. González, *et al*. (2016) indican que también se afectar a la macrofauna edáfica. Algunos productores, mencionaron que ellos ocupan fertilizantes para ayudar al desarrollo del fruto cuando tiene rasgos morfológicos visibles o cuando necesitan que el fruto tenga ciertas condiciones específicas, como el tamaño o la tonalidad de la piña.

Conclusiones

Se identificó que existe un problema serio en el manejo de envases por parte de los productores. Se logró concientizar a la localidad de Los Robles, sobre el grave problema que hay en sus cultivos y la salud de los productores el hacer un mal manejo de los envases de plaguicidas, y de no realizar una correcta técnica del triple lavado.

Referencias bibliográficas

González, F., Morales, S., & Castro, D. 2016. Agroquímicos y pérdida de biodiversidad en ecosistemas agrícolas. Revista Ecuatoriana de Ciencias Agrícolas, 4(1): 67-75.

Manrique, M.A., C.B. Ruiz, J. O., & Pozo, C. 2020. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete. Revista Espacios, 41(10).

Martínez, L., Hernández, P., & Ruiz, M. 2018. Riesgos para la salud humana por exposición a pesticidas en zonas rurales. Revista Panamericana de Salud Pública, 42, e123.
SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. "Guía para el Manejo Integral de Residuos Peligrosos". México: SEMARNAT.

DIVERSIDAD DE AVES EN PASTIZAL Y BOSQUE ENCINO-PINO EN EL RANCHO TESEACHI, CHIHUAHUA, MÉXICO

Mieke Titulaer[1,2]*, Armando Garza-Valles[1], Felitza Katarina Serrano-Jiménez[1], Angela Camargo-Sanabria[1], Alicia Melgoza-Castillo[1] y Felipe Alonso Rodríguez-Almeida[1]

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Fco. R. Almada Km. 1, Zootecnia, C.P. 31453, Chihuahua, Chih., México.
[2]Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, Tecnológico Nacional de México, Camino a Cartago s/n, Vega Redonda, C.P. 93610, Martínez de la Torre, Ver., México.
*Autor para correspondencia: mieke.t@martineztorre.tecnm.mx

Palabras clave: *Avifauna, Biodiversidad, Números de Hill, Pastizal, Bosque.*

Introducción

Desde 1970, en Norteamérica se han perdido 2.9 mil millones de aves, lo que representa 29% del total para esta región (Rosenberg *et al.,* 2019). Las aves de pastizal son el grupo más afectado, con 74% de las especies en declive; en proporción, las aves de bosques ocupan el segundo lugar con un declive de 40%. La pérdida de hábitat, el uso desmedido de la agricultura, las perturbaciones costeras, la mortalidad antropogénica directa y el cambio climático son los principales factores de pérdida de biodiversidad y del potencial colapso que ha sufrido la avifauna continental (Rosenberg *et al*., 2019). Otros autores coinciden con estos factores y agregan deforestación, pastizales invadidos por árboles y arbustos, fragmentación del hábitat, sobrepastoreo, sequía, especies exóticas y carencia de buenas prácticas de manejo (Bernath-Plaisted *et al*., 2023). Las aves juegan un papel crítico en el funcionamiento del ecosistema, ya que proporcionan servicios como control de plagas (consumo de insectos y roedores), dispersión de semillas, polinización de flores y eliminación de cadáveres, además de ser fuente de alimento para otras especies. También son indicadores biológicos de la integridad de un ecosistema, útiles para monitorear perturbaciones y evaluar prácticas de manejo, como el pastoreo (Bernath-Plaisted *et al*., 2023). El objetivo fue estimar la diversidad de aves en dos tipos de hábitat (pastizal y bosque encino-pino) del Rancho Experimental Teseachi de la UACH y establecer la línea base de un monitoreo a largo plazo para evaluar los impactos del pastoreo. Objetivos específicos: (1) estimar la diversidad local (diversidad alfa) en pastizal y bosque encino-pino; (2) comparar las comunidades entre bosque encino-pino y pastizal (diversidad beta); y (3) caracterizar a cada especie según su estatus de conservación.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Rancho Experimental Teseachi de la Universidad Autónoma de Chihuahua, municipio de Namiquipa, Chihuahua (12,300 ha; 28°53’46.55” N, 107°27’20.69” O; altitud 1700–2900 msnm). El clima es seco-árido la mayor parte del año. Para seleccionar los puntos de muestreo se utilizó ArcGIS 10.3 con información del portal de geoinformación de CONABIO (2021). Con la función Fishnet en ArcMap se colocaron cuadrantes de 200 m × 200 m uniformemente en todo el polígono del sitio y se seleccionaron aleatoriamente 30 cuadrantes en bosque encino-pino y 30 en pastizal. La distancia mínima entre puntos fue de 250 m. Se muestrearon aves en dos temporadas (verano 2021, invierno 2022), con puntos de conteo en el centro de los cuadrantes y transectos lineales de 200 m colocados de Este a Oeste. Se registraron todas las aves detectadas durante 15 min, la forma de detección (canto, llamado, aleteo, vuelo o visual), el tamaño de la parvada, el comportamiento (en suelo, en árbol, perchado u otro), la distancia al punto (0–30, 30–100 y >100 m) y notas relevantes. Los análisis estadísticos fueron realizados con R 4.2.2. La diversidad se analizó con números de Hill (qD; diversidad alfa) para q = 0 (riqueza), q = 1 (exponencial de Shannon; con abundancias relativas) y q = 2 (inversa de Simpson; énfasis en especies dominantes). Para comparar comunidades se utilizó el escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) entre pastizal-verano, pastizal-invierno, bosque-verano y bosque-invierno.

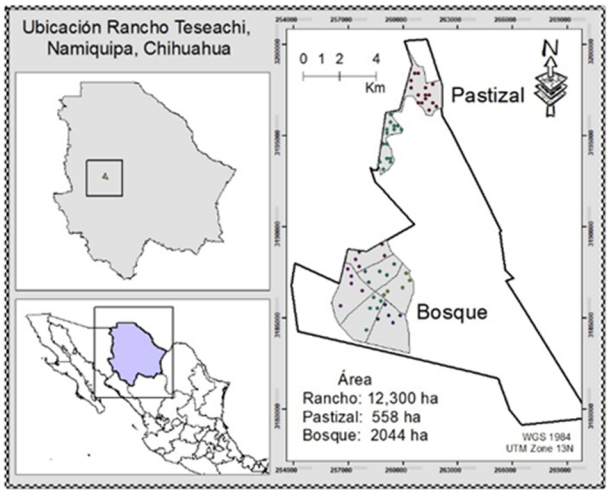


Figura 1. Ubicación del Rancho Experimental Teseachi (Namiquipa, Chihuahua, México) y los dos sitios de estudio (pastizal y bosque). Los puntos indican los sitios de muestreo.

Resultados y discusión

Se registraron 1901 individuos pertenecientes a 113 especies, agrupadas en 39 familias y 15 órdenes. Las familias más numerosas fueron *Passerellidae* (15), *Tyrannidae* (11), *Icteridae* (6) y *Picidae* (6). Se revisó el estatus de conservación de las 113 especies. Según la NOM-059 (SEMARNAT, 2010), se encontraron 6 especies sujetas a protección especial (Pr): *Cyrtonyx montezumae*, *Antigone canadensis*, *Accipiter striatus*, *Myadestes townsendi*, *Buteo albonotatus* y *Buteo swainsoni*; y 2 amenazadas: *Anas platyrhynchos diazi* y *Strix occidentalis*. En la Lista Roja (IUCN, 2022) hubo 4 casi amenazadas (NT): *Sturnella magna*, *Lanius ludovicianus*, *Contopus cooperi* y *S. occidentalis*. La curva de acumulación de especies (Figura 2) muestra mayor riqueza en pastizal durante invierno (0D = 45), lo cual coincide con la llegada de especies migratorias.

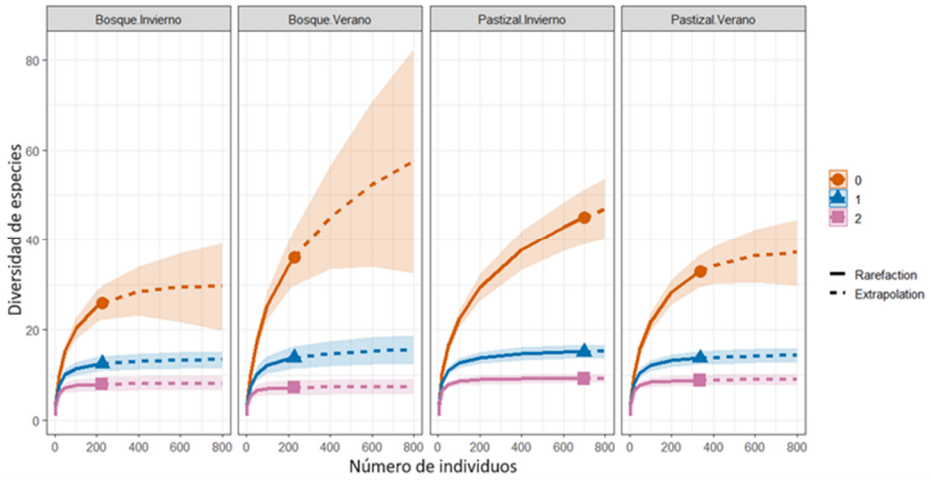


Figura 2. Curvas de acumulación de especies observadas y extrapoladas con números de Hill (qD): q = 0 (riqueza), q = 1 (exponencial de Shannon) y q = 2 (inversa de Simpson).

El pastizal invernal también fue más equitativo en el peso proporcional de especies (1D = 15.12). En el bosque invernal se observó la menor riqueza (0D = 26) y la menor uniformidad (1D = 12.52). En todos los sitios y temporadas, q = 1 y q = 2 fueron menores que q = 0, indicando comunidades con algunas especies dominantes y muchas raras. El NMDS mostró mayor separación entre las comunidades invernales de pastizal y bosque, mientras que las comunidades de verano fueron más similares (Figura 3). Esto sugiere que en verano hay más especies compartidas entre bosque y pastizal, y que en invierno las comunidades difieren más. Se identifica un punto de mayor similitud entre los cuatro grupos, interpretable como zona de transición bosque-pastizal.

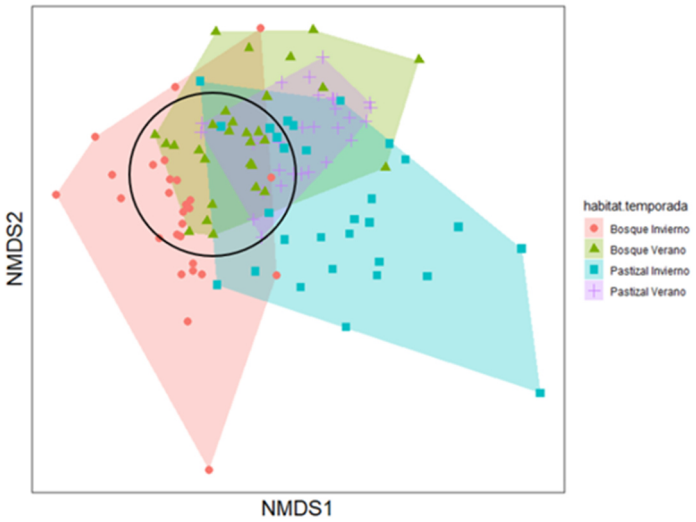


Figura 3. Comunidades de aves en bosque y pastizal (NMDS) en el Rancho Teseachi, Chihuahua. El círculo negro engloba el mayor número de especies.

Conclusiones

El rancho alberga alta diversidad de aves, incluidas especies de interés para la conservación que dependen de pastizales y bosques en buen estado. Se recomienda el uso de las aves como indicadores de biodiversidad para el monitoreo y la evaluación de estrategias de conservación y de manejo de recursos naturales.

Referencias bibliográficas

Bernath-Plaisted, J. S., Correll, M. D., Somershoe, S. G., Dwyer, A. M., Bankert, A., Beh, *et al*. (2023). Review of conservation challenges and possible solutions for grassland birds of the North American Great Plains. Rangeland Ecology and Management, 90, 165–185. https://doi.org/10.1016/j.rama.2023.07.00

IUCN (The IUCN Red List of Threatened Species). 2022. Version 2022-2. https://www.iucnredlist.org

Rosenberg, K. V., Dokter, A. M., Blancher, P. J., Sauer, J. R., Smith, A. C., Smith, P. A., Stanton, J. C., Panjabi, A., Helft, L., Parr, M., & Marra, P. P. (2019). Decline of the North American avifauna. Science, 366(6461), 120–124. https://doi.org/10.1126/science.aaw1313

SEMARNAT (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010 (Segunda Sección). México.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y ZONA INTERMAREAL DE LAS PLAYAS PAPAGAYO Y EL MORRO EN ACAPULCO, GRO.

Gabriel Bahena-Díaz[1]*, Alma Rosa Zuñiga-Aivar[1], Dulce María Morales-Núñez[2], Gabriela Bahena-Cortés[3] y José Fernando Luciano-García[4]

[1]Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 18, Calzada Pie de la Cuesta Km. 8, Col. Jardín Palmas, Acapulco, Gro., México. C.P. 39422.
[2]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 288, Calle Guillermo Vázquez s/n, Col. Las Querendas, Cutzamala de Pinzón, Gro., México. C.P. 40639.
[3]Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Pról. Canal de Miramontes, Coapa, San Bartolo el Chico, Tlalpan, 14380, Ciudad de México, CDMX.
[4]Universidad Interamericana para el Desarrollo, campus Acapulco, Av. Costera Miguel Alemán No. 1803, Fracc. Magallanes, Acapulco, Gro. C.P. 39670.
*Autor para correspondencia: gabrielbahena18@dgetaycm.sems.gob.mx

Palabras clave: *Contaminación microbiológica, Parámetros fisicoquímicos, Enterococos, Coliformes.*

Introducción

Las zonas costeras cumplen funciones ecológicas, económicas y sociales fundamentales, como la protección ante fenómenos climáticos, la provisión de alimentos y recursos, la regulación del clima y el fomento del turismo; sin embargo, también son altamente vulnerables a la contaminación derivada de actividades humanas. En México, la Bahía de Acapulco, Gro., es un destino turístico relevante, pero enfrenta problemas históricos de contaminación marina, especialmente en playas como Papagayo y El Morro, donde la elevada afluencia turística y urbana ha intensificado el deterioro ambiental, en particular en la zona intermareal. La presencia de enterococos en concentraciones superiores a 200 NMP/100 mL representa un riesgo para la salud pública y la biodiversidad, situación documentada por diversos estudios que reportan niveles elevados de contaminación microbiológica, especialmente durante la temporada de lluvias (Arellano, 2010; Dimas, 2018). Además, eventos climáticos extremos pueden agravar esta problemática al aumentar la escorrentía y el arrastre de contaminantes. El objetivo general fue determinar la calidad del agua y de la zona intermareal de las playas Papagayo y El Morro de la Bahía de Acapulco, Gro., mediante indicadores de contaminación microbiológica y fisicoquímica, en el periodo noviembre de 2024–mayo de 2025.

Materiales y métodos

La investigación se realizó entre noviembre de 2024 y mayo de 2025 en dos playas de uso recreativo ubicadas en la denominada “zona dorada” de la Bahía de Acapulco, Guerrero: Papagayo (16°51′33.20″ N, 99°53′07.34″ W) y El Morro (16°51′33.80″ N, 99°52′39.40″ W). En cada playa se seleccionaron tres puntos de muestreo estratégicamente ubicados, considerando antecedentes de contaminación, presencia de descargas de aguas residuales, alta afluencia turística y actividades humanas intensivas. El diseño fue cuasi-experimental, longitudinal, con muestreo estratificado por sitio y temporalidad para evaluar variaciones espacio-temporales de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Las muestras se recolectaron mensualmente, incluyendo periodos vacacionales de invierno y Semana Santa. Se obtuvieron muestras de la zona intermareal (agua atrapada y sedimento superficial) y de agua marina costera, a ~30–50 cm de profundidad respecto a la línea de marea media, en frascos de vidrio de 500 mL, siguiendo recomendaciones de COFEPRIS (2024). Se evaluaron in situ temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), salinidad (%) y pH. La temperatura y el oxígeno disuelto se midieron con medidor portátil YSI Modelo 55 previamente calibrado; el pH con potenciómetro digital HANNA Instruments; y la salinidad con refractómetro digital ATC. Para análisis microbiológico se empleó la técnica del Número Más Probable (NMP/100 mL) con medios comerciales ColiCult y EnteroCult, siguiendo la NOM-112-SSA1-1994. ColiCult permitió detectar coliformes totales y fecales mediante incubación a 35 ± 0.5°C durante 24 h; EnteroCult se utilizó para enterococos. Los resultados se reportaron como NMP/100 mL.

Resultados y discusión

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se resumen en los Cuadros 1 y 2. En general, las concentraciones de coliformes totales y fecales superaron los límites en varios meses (principalmente en

noviembre), con picos en invierno y Semana Santa, rebasando criterios de CONAGUA (2022). Los enterococos mostraron niveles elevados particularmente en noviembre y enero, posiblemente asociados a arrastre de contaminantes por eventos meteorológicos previos. El ANOVA indicó diferencias significativas entre meses ($p < 0.05$), especialmente para coliformes fecales; la prueba de Tukey identificó mayores niveles en meses con alta afluencia turística, patrón estacional consistente con lo reportado por Dimas (2018) y Villanueva *et al.* (2024). En contraste, temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad se mantuvieron en rangos habituales, con ligeros aumentos de temperatura y disminuciones de oxígeno disuelto en abril. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la actividad humana intensiva en zonas recreativas costeras impacta directamente la calidad sanitaria del agua, particularmente en la zona intermareal, lo cual justifica estrategias de monitoreo ambiental.

Cuadro 1. Resultados fisicoquímicos de las playas Papagayo y El Morro en el municipio de Acapulco, Gro., durante el periodo noviembre de 2024–mayo de 2025.

Parámetro	Rango de valores (playa Papagayo)	Rango de valores (playa Papagayo)
Temperatura (°C)	28.2 - 32	28.2 - 32
pH	7.8 - 8.2	7.7 - 8.0
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.0 - 6.5	5.7 - 6.7
Salinidad (%)	3.4 - 3.5	3.4 - 3.5

Cuadro 2. Resultados microbiológicos de las playas Papagayo y El Morro en el municipio de Acapulco, Gro., durante el periodo noviembre de 2024–mayo de 2025.

Indicador	Referencia	Máximo registrado (Papagayo)	Máximo registrado (El Morro)
Coliformes totales	500 NMP/100mL Criterio de Rheinheimer	1600 NMP/100 mL	900 NMP/100 mL
Coliformes fecales	240 NMP/100 mL (CONAGUA, 2022)	500NMP/100mL	350NMP/100mL
Enterococos	200 NMP/100 mL (COFEPRIS 2024)	220 NMP/100 mL	170 NMP/100 mL

Conclusiones

La calidad microbiológica del agua en Papagayo y El Morro mostró influencia estacional y antropogénica, con excedencias de coliformes totales, coliformes fecales y enterococos en meses de mayor turismo. Aunque los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron estables, el análisis estadístico confirmó diferencias significativas entre periodos vacacionales y no vacacionales, respaldando la necesidad de fortalecer el tratamiento de aguas residuales y las medidas de gestión ambiental en zonas costeras de alta presión turística.

Referencias bibliográficas

Arellano Franco, H. E. 2010. Evaluación del impacto de la contaminación puntual y difusa en la bahía de Acapulco, Guerrero [Tesis de Maestría, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua]. Repositorio Institucional del IMTA.

COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios). 2024. Manual operativo: monitoreo de la calidad del agua de uso recreativo de contacto primario en el agua de mar de playas y cuerpos de agua dulce.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2022. Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales.

Dimas Mojarro, J. J., Ortega Ramírez, G. O., & Ortiz Guzmán, D. D. 2018. Calidad del agua de mar de la bahía turística de Puerto Marqués, Municipio de Acapulco, Guerrero, México y su uso recreativo. Tlamati, 9(1), 15–21.

Villanueva, V. D., Fernández, R. C., & Ramírez, R. P. 2024. Estudio de calidad sanitaria de agua y arena de playas recreativas en Acapulco, Guerrero. MIX-TEC, 4(7), 27–45. https://mixtec.utim.edu.mx/articulosv7/articulo03.pdf

FITORREMEDIACIÓN DE CONTAMINANTES MEDIANTE HUMEDALES CON POLICULTIVOS ORNAMENTALES EN SAN JOSÉ PASTORÍAS, VERACRUZ

Mayanin de los Ángeles Uscanga-Jáuregui[1]*, Sergio Aurelio Zamora-Castro[2] e Irma Zitácuaro-Contreras[1]

[1]El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto No. 26, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana, Calzada Juan Pablo Segundo s/n, Fraccionamiento Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver., México.
*Autor para correspondencia: ujaureguima.mdrs24@colver.edu.mx

Palabras clave: *Humedales construidos, Aguas residuales, Calidad del agua, Zona rural.*

Introducción

Actualmente, una de las problemáticas más relevantes a nivel mundial es la falta de tratamiento adecuado de aguas residuales. La contaminación creciente, la carencia de infraestructura básica y las alteraciones en el ciclo hidrológico han intensificado las condiciones de vulnerabilidad hídrica, social y ambiental, especialmente en regiones rurales. En México, el tratamiento de aguas residuales continúa siendo insuficiente, lo que impacta directamente en la disponibilidad del recurso hídrico para usos humanos, domésticos y agrícolas, debido a la contaminación de los cuerpos receptores y a la consecuente disminución en la calidad del agua.

En este contexto, se vuelve prioritario identificar e implementar estrategias sostenibles que permitan mejorar la calidad del agua de manera accesible y eficiente. Una alternativa viable es la fitorremediación, técnica que utiliza especies vegetales con capacidad para absorber, transformar o inmovilizar contaminantes presentes en el agua (Mitsch *et al.*, 2023; Vymazal, 2011). En particular, los policultivos de plantas ornamentales han mostrado un potencial significativo para el tratamiento de aguas residuales, al combinar especies con distintas funciones ecológicas y fisiológicas, lo que puede aumentar la eficiencia del sistema y favorecer su integración en espacios comunitarios. Los policultivos no solo aportan a la remoción de nutrientes, materia orgánica y sólidos disueltos, sino que también ofrecen beneficios estéticos y sociales que facilitan su aceptación en las comunidades (Leiva *et al.*, 2018). En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua en San José Pastorías, Veracruz, con el fin de proponer una estrategia de tratamiento natural adaptada al entorno local.

Materiales y métodos

Este proyecto se lleva a cabo en la localidad rural del municipio de Actopan, Veracruz, situada en una zona de clima cálido-húmedo con vegetación secundaria y presencia de cuerpos de agua superficiales. La comunidad carece de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, lo que ha generado impactos ambientales locales; su entorno combina actividad doméstica, agrícola y condiciones de vulnerabilidad hídrica.

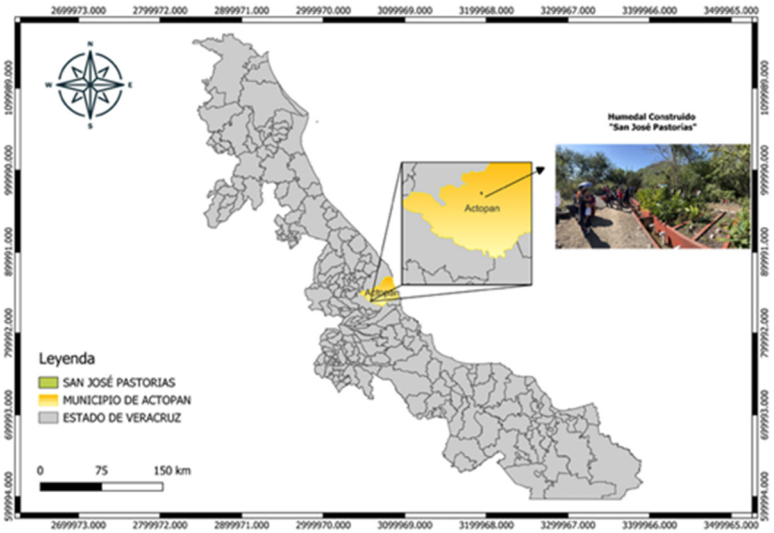


Figura 1. Localización del sitio de estudio.

Las especies se establecieron en policultivos dentro de sistemas de tratamiento tipo humedal a pequeña escala, diseñados para recibir flujo continuo de agua residual doméstica. Las muestras de agua fueron recolectadas en la entrada y salida de cada celda, con el fin de comparar la concentración de contaminantes antes y después del tratamiento.

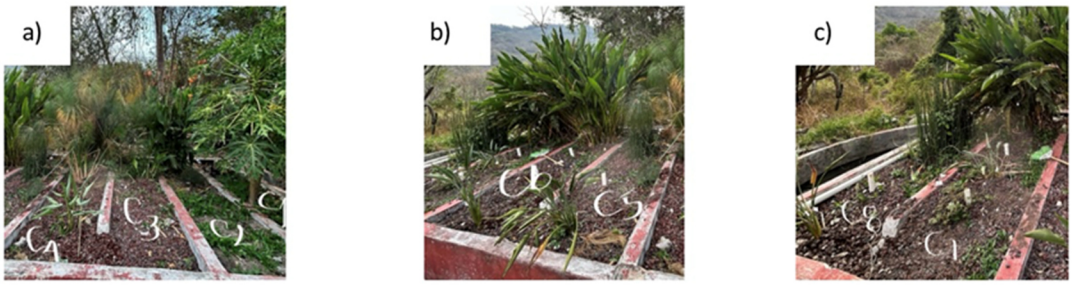


Figura 2. Policultivos en celdas: a) C1 y C2: *Canna hybrid*; C3: *Cyperus papyrus* y *Canna hybrid*; C4: *Canna hybrid* y *Cyperus papyrus*; b) C5: *Equisetum hyemale* y *Strelitzia reginae*; C6: *Canna hybrid* y *Heliconiaceae*; c) C7: *Heliconiaceae* y *Canna hybrid*; C8: *Strelitzia reginae* y *Equisetum hyemale*.

Se emplearon distintos dispositivos para la medición de parámetros específicos: un equipo multiparamétrico marca HANNA modelo HI98194 se utilizó para determinar pH, sólidos disueltos totales (TDS) y oxígeno disuelto (DO). Además, se cuantificaron la demanda química de oxígeno (DQO) y el carbono orgánico total (TOC) utilizando un medidor portátil modelo BA, especializado para análisis rápidos en campo.

Resultados y discusión

Los resultados son consistentes con investigaciones previas que reportan mejoras en la calidad del agua mediante policultivos ornamentales, especialmente cuando el sistema alcanza mayor madurez y se seleccionan especies complementarias (Leiva *et al.*, 2018; Calheiros *et al.*, 2015). Aunque la remoción de carbono orgánico fue baja, se observó una ligera reducción de TDS y estabilización del pH, lo cual indica potencial de mejora. La disminución del oxígeno disuelto sugiere alta actividad microbiana en las primeras etapas del tratamiento. A pesar de las limitaciones iniciales, los policultivos ofrecen una alternativa viable y ecológica para zonas rurales, aportando beneficios funcionales, estéticos y sociales (Vymazal, 2011; Romero Mozqueda *et al.*, 2018).
A continuación, se presentan el diagnóstico inicial y el primer mes de monitoreo del sistema.

Cuadro 1. Diagnóstico inicial de parámetros físicos y químicos en el humedal.

	Entrada	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5	Celda 6	Celda 7	Celda 8
pH (–)	7.90	7.36	7.06	7.26	7.08	7.19	7.14	7.11	7.15
TDS (mg/L)	89.00	88.0	88.00	83.00	85.00	90.00	74.00	89.00	84.00
T (°C),	23.90	22.86	23.43	22.90	22.57	23.22	21.84	23.38	23.22
TOC (mg/L)	20.10	20.10	20.10	19.30	19.60	20.10	20.10	20.10	20.10
DQO (mg/L)	15.10	13.60	14.00	13.10	13.30	14.10	14.60	14.70	14.50

Cuadro 2. Monitoreo mensual 1.

	Entrada	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4	Celda 5	Celda 6	Celda 7	Celda 8
pH (–)	7.45	6.69	6.68	6.70	7.43	7.15	6.69	6.69	6.69
TDS (mg/L)	92.00	82.00	90.00	92.00	1.00	1.00	90.00	87.00	97.00
T (°C),	24.74	22.90	22.36	22.30	22.90	23.20	22.37	21.89	22.43
TOC (mg/L)	20.10	19.20	17.90	18.50	12.80	13.00	19.40	20.10	19.30
DQO (mg/L)	15.32	13.00	12.20	12.60	8.70	8.90	13.20	14.00	13.10

Conclusiones

El uso de policultivos ornamentales en el humedal mostró mejoras en parámetros como pH y sólidos disueltos, evidenciando su potencial en la remediación de aguas residuales. La baja remoción de carbono orgánico sugiere la necesidad de optimizar los tiempos de retención hidráulica. Las especies ornamentales aportan beneficios

estéticos, ecológicos y sociales. El sistema es viable en contextos rurales por su bajo costo y fácil mantenimiento; se recomienda ampliar el monitoreo y ajustar el diseño para mejorar la eficiencia general del tratamiento.

Referencias bibliográficas

Calheiros, C. S. C., Bessa, V. S., Mesquita, R. B. R., Brix, H., Rangel, A. O. S. S., & Castro, P. M. L. (2015). Constructed wetland with a polyculture of ornamental plants for wastewater treatment at a rural tourism facility. Ecological Engineering, 79, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.03.001

Leiva, A. M., Núñez, R., Gómez, G., López, D. G., & Vidal, G. 2018. Performance of ornamental plants in monoculture and polyculture horizontal subsurface flow constructed wetlands for treating wastewater. Ecological Engineering, 120, 116–125. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.023

Mitsch, W. J., Gosselink, J., Anderson, C. J., & Fennessy, M. S. (2023). Wetlands (6.ª ed.). John Wiley & Sons.

Romero Mozqueda, Á. Y., Valles Aragón, M. C. Y., & Alarcón Herrera, M. T. 2018. Fitorremediación de aguas grises con ornamentales comerciales. En E. M. Abraham, R. D. Quintana & G. Mataloni (Eds.), Aguas + Humedales (pp. 323–332). UNSAM Edita. https://www.unsam.edu.ar/institutos/ambiente/pdf/libro_aguas_humedales.pdf

Vymazal, J. 2011. Plants used in constructed wetlands with horizontal subsurface flow: A review. Hydrobiologia, 674, 133–156.

SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL USO DE EPP Y MANEJO DE ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS EN IGNACIO DE LA LLAVE, VERACRUZ

Antonio Villegas-Vilchis[1], Arturo García-Saldaña[1], Juan Manuel Hernández-Pérez[2] e Itzel Galaviz-Villa*[1]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río. Carretera Veracruz-Córdoba km 12, Boca del Río, Veracruz, México. CP. 94290.
[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván, Km 4.5 Carretera Cd. Cardel-Chachalacas, C.P. 91667, Úrsulo Galván, Ver, México.
*Autor para correspondencia: itzelgalaviz@bdelrio.tecnm.mx

Palabras clave: *Contaminación agrícola, Manejo de residuos, Triple enjuague.*

Introducción

Los plaguicidas desempeñan un papel importante en el ámbito agrícola, ya que permiten controlar la proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos, contribuyen al control de insectos vectores y ayudan a reducir las pérdidas en la producción de alimentos. Sin embargo, debido a sus propiedades tóxicas, su uso puede representar un riesgo, especialmente para los agricultores que desconocen el manejo adecuado de estas sustancias. En México, se estima que solo el 41% de estos residuos se gestiona correctamente (AMOCALI, 2022). En el municipio de Ignacio de la Llave, Veracruz, la actividad agrícola es predominante, y el uso intensivo de agroquímicos en la producción genera la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos por escorrentía o lixiviación. Este fenómeno ha sido documentado en el Distrito de Riego 035 La Antigua, al cual pertenece Ignacio de la Llave, donde han hecho uso extensivo de plaguicidas altamente tóxicos, con consecuencias ambientales significativas. Este estudio tuvo como objetivo realizar un diagnóstico de las prácticas de manejo y disposición de los envases vacíos de agroquímicos en el municipio de Ignacio de la Llave, Veracruz, mediante la aplicación de una encuesta semiestructurada a productores agrícolas. Los resultados mostraron que el 65% de los agricultores no sigue un protocolo adecuado de enjuague y disposición, mientras que solo el 20% participa en programas de recolección autorizada. Se concluye que es necesario implementar estrategias de educación ambiental y de salud, fortalecer los programas de recolección, y mejorar la regulación local para el manejo de envases vacíos de agroquímicos.

Materiales y métodos

Se diseñó y aplicó una encuesta semiestructurada a 164 productores agrícolas del municipio de Ignacio de la Llave, Veracruz, para evaluar el manejo de los envases vacíos de agroquímicos. El instrumento constó de 28 ítems que incluyeron preguntas con escala Likert y preguntas semiestructuradas, diseñadas para evaluar variables como: nivel académico de los productores, años de experiencia en el uso de agroquímicos, tipo de cultivo, uso de equipo de protección personal (EPP), y método de disposición final de envases vacíos. La encuesta fue validada por tres expertos con reconocimiento en la comunidad científica, quienes evaluaron cada ítem en términos de coherencia, claridad y relevancia. El CVC obtenido fue de 0.93, superando el umbral mínimo recomendado de 0.80. La confiabilidad se estimó mediante el índice Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.95, lo que indica una excelente consistencia interna entre los ítems. Posteriormente, se realizó una prueba piloto con un grupo de productores para verificar la claridad y comprensión de las preguntas. El estudio se realizó en el municipio de Ignacio de la Llave, Veracruz, ubicado en la región central del estado. Las principales actividades económicas son la agricultura (caña de azúcar, maíz, sorgo, cítricos) y la ganadería. Se calculó una muestra representativa de 152 productores, utilizando la fórmula para poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95% y un error máximo del 5%.
La selección se realizó considerando la distribución de productores en las diferentes localidades del municipio. Los datos se procesaron mediante el software SPSS v25.0, utilizando estadística descriptiva e inferencial para analizar las relaciones entre variables clave.

Resultados y discusión

Con base al análisis de la información los datos revelan un perfil agrícola marcadamente masculino (91%) con evidencia de una fuerza laboral madura (80% supera los 40 años). Además, se observa una significativa brecha de género en el sector agropecuario mexicano, con apenas un 9.3% de participación femenina, según datos del

Censo Agropecuario 2022 (INEGI, 2023). Estas condiciones perpetúan desigualdades, especialmente en zonas rurales, limitando su desarrollo y su capacidad para enfrentar desafíos actuales. Los cultivos con mayor superficie sembrada son la caña de azúcar, que ocupa 467 hectáreas (46.7% del área agrícola), seguida del maíz (25.5%) y papaya (12.1%), y otros cultivos con superficies menores.

La mayoría de los agricultores (57%) tienen más de 10 años de experiencia en el uso de agroquímicos, lo que sugiere una exposición prolongada a los plaguicidas (Cuadro 1). La exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas mexicanos está asociada con un mayor riesgo para la salud, debido a la acumulación de sustancias tóxicas en el organismo y la aparición de síntomas de daños respiratorios. Aunque el 98% de los productores sabe que el uso y manejo inadecuado de los plaguicidas representa riesgos a la salud; la mayoría (84%) solo utiliza camisas de manga larga y botas (80%) durante la aplicación de los plaguicidas en campo, esto coincide con estudios que reportan una baja disposición al uso de EPP en zonas rurales. Este escenario representa un riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas, ya que la exposición dérmica es una vía crítica de intoxicación por plaguicidas (WHO, 2022). Debido a la falta de capacitación en el manejo de los envases vacíos de agroquímicos hay una alta prevalencia de quema de envases (50%), además de que estos se tiran (26%) en zonas cercanas a los campos agrícolas, se entierran (10%) o reutilizan (5%), contrario a lo que se establece en la NOM-003-STPS-2018.

Cuadro 1. Prácticas y manejo de envases vacíos de agroquímicos de los productores del municipio de Ignacio de la Llave, Veracruz.

Categoría	Variable	Frecuencia	Porcentaje (%)
	Menos de 1 año	11	7
Años usando agroquímicos	De 1 a 10 años	60	36
	Más de 10 años	93	57
Equipo de protección personal (EPP)	Sombrero	136	82
	Gafas	53	32
	Cubrebocas	98	59
	Pantalón grueso	130	79
	Camisa manga larga	137	84
	Botas	132	80
	Guantes	43	26
	Mandil	5	3
	Ninguna	5	3
Considera peligrosos a los agroquímicos	Si	160	98
	No	4	2
Método de disposición de los envases vacíos de agroquímicos	Lo tira en parcela/basurero	43	26
	Los entierra	16	10
	Lo quema	82	50
	Los reutiliza	9	5
	Otro	14	9
Realiza el triple lavado	Si	34	21
	No	130	79

*El porcentaje resulta de considerar el total de la población encuestada (164) como el 100%

Los productores agrícolas del municipio de Ignacio de la Llave emplean diversos agroquímicos para garantizar el rendimiento de sus cultivos. Entre los más utilizados destacan diez tipos de fertilizantes, 54 diferentes tipos de plaguicidas, fungicidas, y 29 herbicidas. Estos productos químicos generan contaminación del agua y del suelo, con impactos a largo plazo en la biodiversidad. Debido a su toxicidad aguda y residualidad prolongada, además de reportarse efectos que ponen en riesgo la salud de los productores y sus familias (Pimentel y Burgess, 2014). En el municipio de Ignacio de la Llave, la fosfina (fosfuro de aluminio, Clase Ib) es ampliamente utilizada por los productores para el control de plagas en sus cultivos. Este compuesto, clasificado como altamente peligroso, representa un desafío crítico en la toxicidad agrícola y continúa causando intoxicaciones fatales, especialmente en países en desarrollo (Singh y Kumar, 2021; WHO, 2010).

Mientras las tendencias regulatorias internacionales avanzan hacia mayores restricciones, las prácticas locales aún mantienen el uso de compuestos como el Paraquat (Gramoxone) y el Picloram (Tordon). El glifosato, otro agroquímico de uso común entre los productores de Ignacio de la Llave, mantiene dividida a la comunidad

científica por su posible vinculación con el cáncer. A nivel global, más de 70 países han prohibido el Paraquat, y la Unión Europea ha mantenido desde abril de 2018 la prohibición de los neonicotinoides al aire libre.

Conclusiones

Los hallazgos demuestran que, a pesar de la amplia experiencia de los agricultores persisten prácticas de alto riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Lo cual vulnera la sustentabilidad del agroecosistema. Los resultados reflejan una exposición prolongada a algunos agroquímicos y prácticas de riesgo, como la quema de envases y el uso limitado de EPP. El uso parcial e inadecuado de EPP resulta ineficiente frente a agroquímicos altamente tóxicos como los de Clase Ib utilizados por productores del municipio de Ignacio de la Llave. Se identificaron factores críticos que limitan la adopción de prácticas seguras: la baja escolaridad y el escaso acceso a capacitación en el manejo de los envases vacíos de agroquímicos; alta prevalencia de quema de envases; y la falta de centros de acopio en el área de estudio.

Referencias bibliográficas

AMOCALI. 2022. Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos. Informe Anual 2021. Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2023. Agricultura en México, sector dominado por los hombres. Diario de Xalapa.

Pimentel, D., y Burgess, M. 2014. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. In D. Pimentel (Ed.), Integrated pest management (pp. 47–71). Springer.

Singh, S., y Kumar, V. (2021). Phosphine poisoning: A review of clinical features and management. Toxicology Reports, 8: 349–360.

WHO (World Health Organization). 2022. Pesticide residues in food.

PAPAYA (*Carica papaya* L.) SILVESTRE *vs* DOMESTICADA: UN VIAJE GENÉTICO ENTRE DIVERSIDAD Y RIESGO

Pedro Jesús Ruiz-Gil*[1], Mariana Chávez-Pesqueira[2], Ana Wegier-Briuolo[3], Juan Núñez-Farfán[4] y Gloria Isela Hernández-Melchor[1]

[1]Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Catazajá-Palenque km 4, 29980, Catazajá, Chiapas, México.
[2]Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 13, No. 130. Colonia Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.
[3]Laboratorio de Genética de la Conservación, Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 Ciudad de México, México.
[4]Laboratorio de Genética Ecológica y Evolución, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México, México.
*Autor para correspondencia: pedro.ruizgil@unach.mx

Palabras clave: *Conservación, Recursos fitogenéticos, Parientes silvestres, Genética de poblaciones.*

Introducción

En general, los Parientes Silvestres de los Cultivos (PSC) muestran altos niveles de variación genética, en contraste a las plantas domesticadas (Dempewolf *et al*., 2017). Por lo tanto, conocer la diversidad genética de estos y de sus contrapartes domesticadas, resulta importante para optimizar planes de manejo y conservación de las especies. Una especie de gran interés es la papaya (*Carica papaya* L.). Esta especie presenta dos formas: la forma domesticada y la forma silvestre, siendo su forma domesticada uno de los frutos tropicales de mayor importancia global. Por otro lado, la importancia de la papaya silvestre radica al ser un recurso genético para el cultivo. Ambas formas comparten distribución, lo que podría facilitar el intercambio genético entre ellas y poner en riesgo a las poblaciones silvestres. En este estudio se analizó la estructura y diversidad genética de la papaya silvestre y domesticada, con el objetivo de identificar las unidades evolutivas de la papaya silvestre y el posible flujo genético dentro del complejo silvestre-domesticado de la papaya en México.

Materiales y métodos

Se obtuvieron muestras de ADN de tejido foliar de 556 individuos de papaya, (447 silvestres y 109 domesticados). Fueron utilizados seis marcadores de microsatélites (Ocampo *et al*., 2007) para todos los individuos. La estructura genética de los individuos silvestres fue inferida con pruebas de asignación de individuos. Una vez obtenidas las agrupaciones, se realizó las estimaciones de los índices de diversidad genética. Posteriormente, se realizaron estimaciones de flujo genético entre poblaciones domesticadas y silvestres.

Resultados y discusión

Se identificaron seis unidades evolutivas de papaya silvestre (Figura 1). La identificación de estas unidades ayuda a optimizar estrategias de conservación que consideren procesos ecológicos y evolutivos.

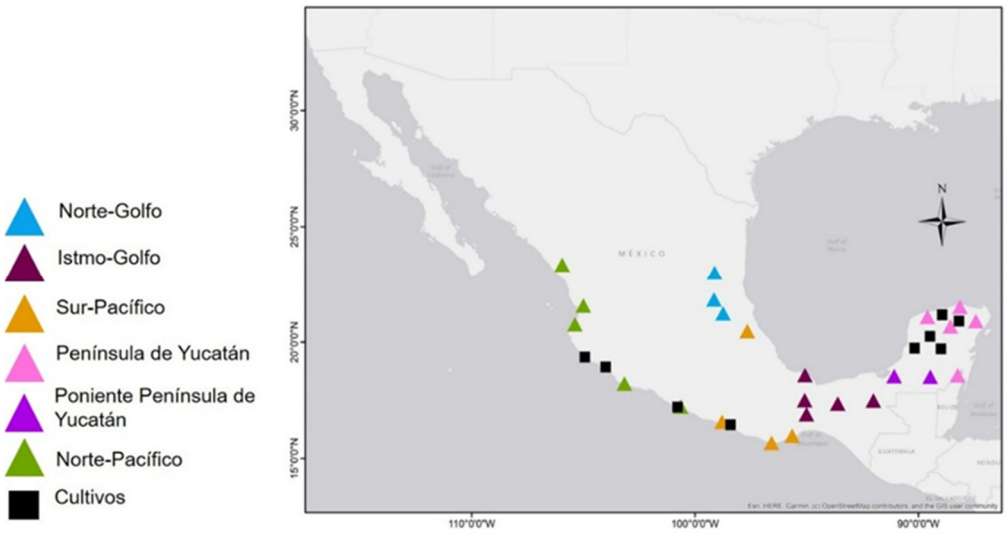


Figura 1. Unidades evolutivas de papaya silvestre detectadas mediante la prueba de asignación de individuos.

Las poblaciones silvestres presentan alta diversidad genética (H_E = 0.836; Figura 2), en contraste con las domesticadas, que prácticamente es nula (Figura 2). Las zonas con mayor diversidad fueron el poniente península de Yucatán, la unidad Sur-Pacífico e Istmo-Golfo (Figura 2). Se detectó flujo genético proveniente de las plantaciones domesticadas hacia las unidades silvestres. Las unidades de papaya silvestre cercanas a las plantaciones de papaya mostraron una diversidad genética reducida (Norte-Pacífico), debido a la baja diversidad genética de las plantas domesticadas. La baja diversidad de las papayas domesticadas y su influencia en las silvestres resaltan la necesidad de conservar la diversidad genética natural, ya que este flujo podría afectar la adaptación y funcionalidad ecológica y biológica de las poblaciones silvestres al homogenizar su diversidad (Ruiz-Gil e*t al*., 2023).

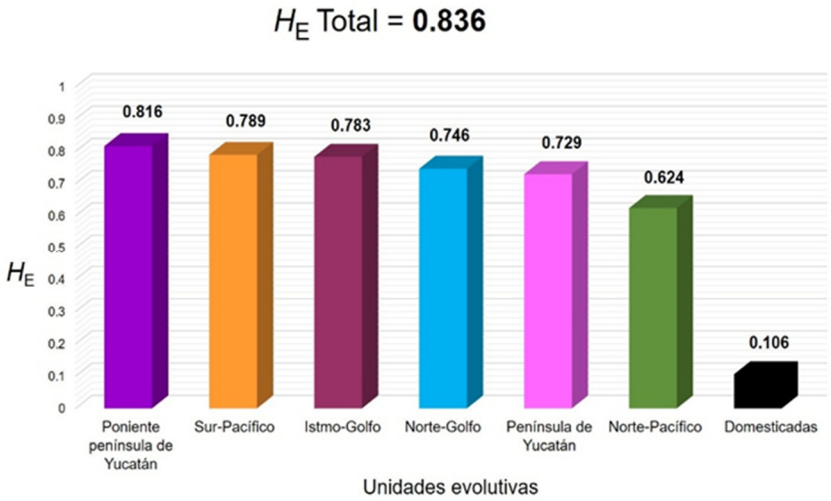


Figura 2. Valores de diversidad genética para las unidades evolutivas silvestres y domesticadas de papaya en México.

Conclusión

Los resultados son de gran utilidad para programas de conservación *in situ* y *ex situ* de las poblaciones silvestres de la especie debido a que existe una alta diversidad genética en las poblaciones silvestres. Sin embargo, esta se ve amenazada por diversas actividades antropogénicas que ocasionan la fragmentación del paisaje, que en casos extremos puede conducir a la extinción local de las poblaciones silvestres. Estos resultados son de gran

importancia para los planes globales y locales de conservación de la agrobiodiversidad, y muestran la importancia de tener en cuenta el complejo silvestre-domesticado de las especies en las estrategias de conservación.

Referencias bibliográficas:

Dempewolf H, Baute G, Anderson J, Kilian B., Smith C., & Guarino L. (2017). Past and future use of wild relatives in crop breeding. Crop Sci 57:1070–1082. https://doi. org/10. 2135/ cropsci2016.10.0885.

Dempewolf, H., Baute, G., Anderson, J., Kilian, B., Smith, C., & Guarino, L. (2017). Past and future use of wild relatives in crop breeding. Crop Science, 57(3), 1070–1082. https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0885.

Ocampo, P. J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Risterucci, A. M., Dambier, D., & Ollitrault, P. (2007). Papaya genetic diversity assessed with microsatellite markers in germplasm from the Caribbean region. Acta Horticulturae, 740, 93–101. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.740.9.

Ruiz-Gil, P. J., Wegier, A., Alavez, V., Rosas-Plaza, S., Núñez-Farfán, J., & Chávez-Pesqueira, M. (2023). Wild papaya shows evidence of gene flow from domesticated Maradol papaya in Mexico. Genetic Resources and Crop Evolution, 1–20. https://doi.org/10.1007/s10722-023-01568-x.

Fuente Financiadora

Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables (DGSPRNR) perteneciente a SEMARMAT y coordinado por CONABIO, número de proyecto WQ003, y del proyecto Ciencia Básica CONACYT 2017–2018 (A1-S-14559), y PAPIIT-UNAM (IN214719) Sección: Medio Ambiente y recursos naturales (MR). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia (CONACyT, CVU. 774517)

MEDICIÓN DE LA CAPTURA DE AGUA DE NIEBLA EN BOSQUES DE CLIMA TEMPLADO

Eulogio Flores-Ayala[1]*, Enrique Buendía-Rodríguez[1], Francisco Becerra-Luna[3], Tomás Pineda-Ojeda[1], Valentín Gutiérrez-García[2], Andrés Flores-García[2], Ramiro Pérez-Miranda[2], Fernando Carrillo-Anzures[1] y Fabián Islas-Gutiérrez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Km 13.5 Carretera Los Reyes–Texcoco. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México C.P. 56250.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-COMEF. Av. Progreso 5, Colonia Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, Ciudad de México C.P. 04010.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo, No. 104 A Colonia Felipe Ángeles, Pachuca de Soto C.P. 42090.
* Autor para correspondencia: flores.eulogio@inifap.gob.mx.

Palabras clave: *Oyamel, Pino de las alturas, Encino, Precipitación horizontal.*

Introducción

La intercepción de lluvia, es la capacidad del dosel arbóreo para almacenar o retener en su estructura (hojas, ramas y fuste) el agua de lluvia, durante y después de un evento de precipitación. Esta cantidad puede representar hasta una cuarta parte de la precipitación total (Návar, 2020). Los valores de intercepción de lluvia, se han obtenido contrastando las cantidades de precipitación dentro y fuera del bosque en parcelas experimentales. Una cantidad importante y escasamente evaluada, procede del agua capturada por la vegetación proveniente de la niebla, misma que pocas veces es diferenciada del agua proveniente de la precipitación de lluvia. Dunne y Leopold (1978), señalan que medir la intercepción de agua que se capta en los bosques en forma de niebla es complejo, aún más al considerar que ésta es una cantidad mínima, comparada con la precipitación total. Esta ocurre cuando las gotas de niebla son filtradas por el dosel del bosque y se fusionan en las superficies de la vegetación para formar gotas más grandes que gotean al suelo del bosque (Prada *et al.,* 2009). Por tal motivo, el estudio del proceso de intercepción de niebla resulta importante debido a que, en algunas comunidades forestales, la demanda hídrica no puede ser satisfecha en su totalidad con el agua de estas precipitaciones de lluvia (Ritter *et al.,* 2005), tal como las plantas epífitas y vegetación del sotobosque que se sustentan en parte de la cantidad de agua adicional que se retiene, gotea del dosel o bien escurre por el fuste (Jacobs *et al.,* 1999). Por lo anterior el objetivo de este estudio fue proponer un procedimiento para estimar las cantidades de niebla que capturan los géneros *Pinus*, *Abies* y *Quercus*, proveniente de niebla que se desarrollan dentro de una cuenca de importancia hidrológico-forestal.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la temporada de lluvias, de los años 2009, 2010 y 2011, en el ejido forestal de la población San Pablo Ixayoc, municipio de Texcoco de la cuenca del Río Texcoco. En 2009 se estableció una primera área en un bosque puro de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham. a una altitud de 3000 m. Para 2010 se estableció la segunda parcela en un bosque de encino dominado por *Quercus rugosa* Neé a una altitud de 2850 m y en 2011, un tercer sitio, en un bosque puro de *Pinus hartwegii* Lindl. a una altitud de 3650 m (Figura 1). Se establecieron tres parcelas regulares con una superficie de una hectárea (100 × 100 m), colocando en cada una de éstas 75 pluviómetros de lectura directa, True Chek® equipo con una precisión de 0.1 mm distribuidos aleatoriamente, bajo el dosel arbóreo y dos pluviómetros adicionales en condiciones abiertas (fuera de la parcela). Se realizaron mediciones diarias de la precipitación e intercepción, donde la cantidad de lluvia interceptada por el dosel fue la diferencia entre la precipitación total medida en condiciones abiertas y el promedio general obtenido del volumen del agua de los pluviómetros ubicados bajo el dosel. Para la medición del agua capturada proveniente de niebla, se utilizó la base de datos de estudios de intercepción de lluvia. Se seleccionaron y analizaron sólo aquellos eventos en donde al menos un pluviómetro no presentó registro de precipitación y un mínimo volumen de agua en los pluviómetros restantes, considerándose que éste fue derivado de la presencia de niebla. Finalmente, el estudio solo consideró aquellos eventos donde 10 o más pluviómetros, estuvieran vacíos, para cada especie estudiada.

Figura 1. Bosque de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham. en condiciones de niebla dentro de la Cuenca del Río Texcoco, México.

Resultados y discusión

El análisis de la información de campo mostró que la parcela de *Abies* presentó el mayor número de eventos en donde al menos un pluviómetro estuvo vacío con un máximo de 36, seguido por *Quercus* con 17 y un máximo de 31 y *Pinus* con 11 eventos con al menos uno vacío y un máximo de 39. En el análisis únicamente se consideraron aquellos eventos en donde 10 o más pluviómetros no registraron precipitación.

Los resultados indican que el bosque de *Abies* capturó un total de 4.7 mm de agua proveniente de niebla, *Quercus* 2.89 mm y *Pinus* 1.12 mm, durante ese periodo de estudio, volúmenes equivalentes a 47.0 m^3/ha, 28.9 m^3/ha y 11.2 m^3/ha, respectivamente.

En el Cuadro 1 se muestran los volúmenes de agua capturados por *Abies*, *Quercus* spp. y *Pinus* tomando en cuenta eventos en donde al menos un pluviómetro estuvo vacío y eventos en donde 10 o más pluviómetros estuvieron vacíos.

Cuadro 1. Cantidades de captura de agua total y promedio por evento, provenientes de niebla.

Bosque	Periodo de lluvia medido	NE10	VNE10	VPE10
Abies religiosa (Kunt) Schltdl. & Cham.	22 mayo al 30 de septiembre	8	4.70	0.59
Quercus spp.	27 mayo al 30 de octubre	7	2.89	0.41
Pinus hartwegii Lindl.	24 junio al 30 de septiembre	4	1.12	0.28

NE10= Número de eventos medidos con 10 o más pluviómetros vacíos, por evento de lluvia.
VNE10= Cantidad de niebla total medida de acuerdo con NET10 (mm).
VPE10= Cantidad de niebla promedio medida por evento (mm).

Resulta importante diferenciar esta cantidad de agua en los procesos de evaluación de la precipitación y considerar las funciones hidrológicas (Prada *et al.*, 2009) y ecológicas de este ingreso adicional de agua en este tipo de ecosistemas. Aun cuando es compleja su medición, tomarla en cuenta es especialmente relevante en cuencas hidrológico-forestales donde la niebla puede ser una fuente vital de humedad durante períodos de escasez de lluvias, el cual muestra resultados importantes en su análisis.

Conclusiones

Este estudio y procedimiento muestra una posibilidad de análisis y representan una oportunidad para profundizar en el conocimiento de un aspecto fundamental de la ecología forestal, que aunque poco estudiado, su aplicación puede conducir a una mejor gestión y conservación de los bosques y sus recursos asociados.

Referencias bibliográficas

Dunne, Th., and L. B. Leopold. 1978. Water in environmental planning. W.H. Freeman and Company. New York. 818 p.

Prada S., Menezes de Sequeira M., Figueira C. y Oliveira da Silva M. 2009. Fog precipitation and rainfall interception in the natural forests of Madeira Island (Portugal). Agricultural and Forest Meteorology. 149: (6–7) 1179-1187. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.02.010.

Ritter, A., Regalado, C. M., Aschan, G. y Gómez, L. A. 2005. Contribución hídrica de la captación de niebla al balance de un bosque de laurisilva en el Parque Nacional de Garajonay. *In*: VII Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada del Suelo. Samper, Calvete J. y Paz González A. (eds.), Universidad da Coruña. España, pp. 351-358. https://abe.ufl.edu/faculty/carpena/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v7/c351-358.pdf

Jacobs A. F.G., Bert G. Heusinkveld, Simon M. Berkowicz. 1999. Dew deposition and drying in a desert system: a simple simulation model, Journal of Arid Environments, Volume 42, Issue 3, 1999, Pages 211-222. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196399905232?via%3Dihub

Návar, J. 2020. Modeling rainfall interception loss components of forests. Journal of Hydrology Volume 584, May 2020, 124449. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124449

Agradecimientos

Se agradece de manera muy especial a las autoridades ejidales de la comunidad de San Pablo Ixayoc, por el apoyo brindado durante el trabajo de campo.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado con fondos Fiscales por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

INTERNET DE LAS COSAS Y DISPOSITIVOS NODEMCU PARA MEJORAR LOS LABORATORIOS QUE PERMITEN EL CULTIVO DE HONGOS DEL GÉNERO *Ganoderma*

Rolando Rafael Contreras-González[1]*, Ramón Zárate-Moedano[2], Guillermo Mendoza-Cervantes[1] y Jorge Suárez-Medellín[3]

[1]Centro de Investigaciones de Micología Aplicada, Universidad Veracruzana. Médicos 5, Unidad del Bosque, C.P. 91010, Xalapa, Veracruz, México.
[2]Investigación Educativa, Benemérita Escuela Normal Veracruzana Enrique C. Rébsamen. Xalapa s/n, Unidad Magisterial, C.P. 91017, Xalapa, Ver., México.
[3]Instituto de Investigaciones Cerebrales, Universidad Veracruzana. Dr. Castelazo Ayala s/n, Industrial Ánimas, C.P. 91190, Xalapa, Ver., México.
*Autor para correspondencia: rolandocontreras975@gmail.com

Palabras clave: *Propuesta: IoT, NodeMCU, Fotoperiodo, Control ambiental, Telemetría.*

Introducción

La importancia del género *Ganoderma* radica en que es fuente de productos medicinales y nutracéuticos, que se utilizan en el tratamiento de diferentes afecciones como: hepatopatías, hipertensión, hipercolesteremia, gastritis, diabetes, bronquitis, artritis y neoplasias. Por lo tanto, los productos elaborados con *Ganoderma* han alcanzado un enorme valor económico. La luz es una condición ambiental muy relevante, aunque a menudo olvidada, que determina varios aspectos de la biología fúngica. Diversos procesos complejos, como la germinación de esporas, el crecimiento de hifas vegetativas o el desarrollo de estructuras reproductivas (tanto sexuales como asexuales), son sensibles a los cambios de iluminación. Además, la luz actúa como señal para regular el metabolismo fúngico y la biosíntesis enzimática. Hay cada vez más evidencia que sugiere la influencia de la intensidad de la luz y el fotoperíodo en la forma, la producción de biomasa e incluso el valor nutricional de una amplia diversidad de hongos cultivados. Por lo tanto, es de suma importancia explorar los efectos de las condiciones de luz en el crecimiento de hongos (Gryzenhout *et al.*, 2021).

Para dar respuesta a esta interrogante, se propone un sistema de laboratorio con hasta ocho combinaciones distintas de fotoperiodo e intensidad lumínica, así como la capacidad de mantener niveles controlados de temperatura, humedad y CO_2. Este tipo de diseño experimental requiere considerables recursos de laboratorio y genera un volumen considerable de datos, lo que requiere la automatización tanto del proceso como del registro de datos. Los desafíos incluyen la falta de suficiente equipo de laboratorio, así como la necesidad de reutilizar herramientas y espacios existentes en configuraciones específicas y el acceso limitado a datos experimentales. Para abordar estas interrogantes, se construyeron ocho incubadoras basadas suigiendo la metodología descripta por Vega *et al.,* (2021), utilizando componentes electrónicos para monitorizar y controlar las variables ambientales necesarias. Este enfoque soluciona la falta de herramientas de laboratorio, dota a cada incubadora de su propio sistema de monitorización y permite el almacenamiento centralizado de datos y el acceso simultáneo. Además, la configuración personalizada de sensores y actuadores por incubadora facilita los procedimientos en cada unidad experimental.

Materiales y métodos

Se utilizó una plataforma modular de investigación gestionada por un servidor central que coordina múltiples incubadoras. Cada incubadora es una unidad independiente controlada por un dispositivo NodeMCU ESP8266 sin interfaz gráfica, conectado a sensores que monitorizan y regulan las variables ambientales tales como temperatura, humedad, concentración de CO_2 e iluminación, todo a través de una red wifi local capaz de operar incluso sin conexión a internet.

El software principal es la plataforma IoT ThingsBoard. En cuanto al hardware, las incubadoras funcionan como entidades independientes. Se controlan mediante un dispositivo sin cabeza basado en el microcontrolador NodeMCU, integrado con sensores BME280, DHT11, MQ135 y BH1750, y equipado con relés que actúan como actuadores para gestionar los sistemas de iluminación y ventilación. Todos los datos se procesan en tiempo real en el servidor central.

El software utilizado es la edición comunitaria del sistema IoT ThingsBoard, una plataforma de código abierto diseñada para la recopilación, el procesamiento, la visualización y la gestión de dispositivos de datos. Los requisitos mínimos del sistema incluyen Linux Ubuntu 24.04 LTS, una base de datos PostgreSQL, Java 17 JDK y 4 GB de RAM. La figura 1 presenta la configuración general propuesta para el desarrollo del laboratorio electrónico.

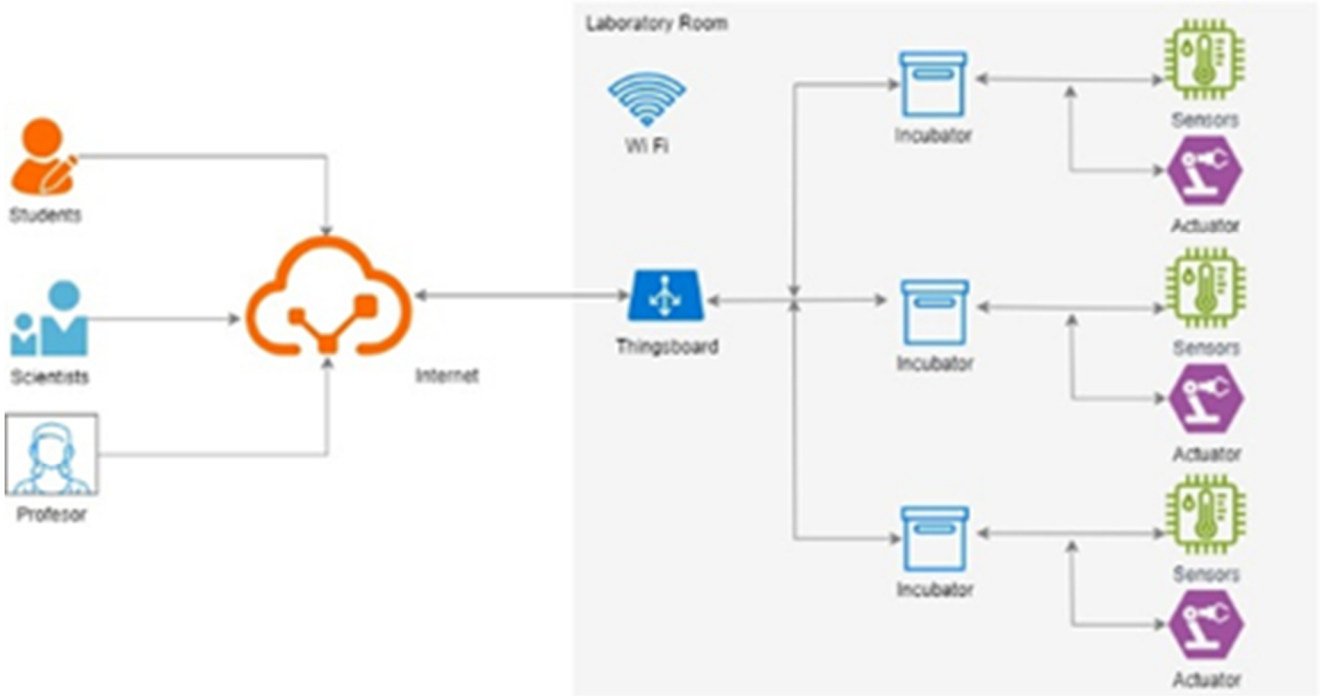


Figura 1. Configuración general propuesta.

Cada incubadora inteligente consta de un receptáculo de plástico con tapa, iluminación LED y un ventilador, además de instrumentación para medir la temperatura, humedad, CO_2 y la intensidad de la luz. El conjunto de sensores incluye los sensores BME280, DHT11, BH1750 y MQ135, todos interconectados mediante un microcontrolador NodeMCU 12f ubicado en el panel de control.
Los sensores operan del siguiente modo: el BME280 y el BH1750 emplean el protocolo I2C para realizar mediciones de temperatura, humedad e intensidad de luz; el MQ135 se encarga de detectar CO_2 mediante una entrada analógica; y el DHT11 proporciona lecturas redundantes de humedad y temperatura a través de un pin GPIO digital.
Los actuadores incluyen relés de contacto seco optoaislados que conectan de forma segura el circuito de control de 5 V CC con el sistema de iluminación de 125 V CA. El control del relé es unidireccional y se activa mediante un pin GPIO de NodeMCU.
El NodeMCU se comunica con el servidor mediante el protocolo MQTT a través de una red inalámbrica TCP/IP. Recopila datos de los sensores en tiempo real, los preprocesa y envía mensajes en formato JSON al servidor. También recibe comandos de control del servidor para ajustar los parámetros operativos según corresponda. Para facilitar las conexiones entre sensores y microcontroladores, soportar protocolos de comunicación, garantizar la seguridad y la autenticación, y gestionar la adquisición, el análisis y la visualización de datos, se adoptó la plataforma IoT ThingsBoard instalada en un servidor Ubuntu central. Su edición comunitaria (v3.6.2) cumple con los requisitos de este proyecto. Los microcontroladores ejecutan un firmware personalizado desarrollado en el IDE de Arduino, que integra el SDK de ThingsBoard y las bibliotecas de sensores. Este firmware incluye todas las rutinas necesarias para el funcionamiento de la incubadora, incluso en caso de desconexión temporal del servidor. Cada incubadora transmite datos de telemetría al servidor central por wifi mediante MQTT. Las ocho incubadoras se colocaron en una cámara con aislamiento térmico para reducir las fluctuaciones de temperatura. La temperatura de cada incubadora se monitorea y se controla mediante un calefactor externo, que puede ajustarse entre 18 y 35 °C según las necesidades de la cepa fúngica utilizada. El sistema puede

configurarse para controlar hasta ocho combinaciones diferentes de intensidad lumínica y fotoperiodo, según los objetivos experimentales. La intensidad lumínica varía de 0 a 1350 lux, y el rango de fotoperiodos considerado incluye 16 h de luz/8 h de oscuridad (similar al horario de verano); 8 h de luz/16 h de oscuridad (similar al horario de invierno); 12 h de luz/12 h de oscuridad, así como 24 h de luz y 24 h de oscuridad. La humedad y el CO_2 se controlan en cada incubadora para mantener niveles aceptables para la cepa fúngica utilizada. Finalmente, el CO_2 también podría utilizarse como variable dependiente en algunos diseños experimentales, ya que es una medida indirecta del metabolismo fúngico.

Resultados y discusión

La construcción de este sistema de incubadoras, así como el monitoreo de estas variables permitió el establecimiento de este experimento con las condiciones ambientales controladas previamente mencionadas. En la figura 2 se puede observar el crecimiento de primordios de *Ganoderma curtisii*, los cuales presentan tamaño y formas características de esta especie a los 14 días de crecimiento. Asimismo, las condiciones de cultivo se han mantenido en los valores de referencia para el crecimiento de esta especie; se espera el tiempo de cultivo para cosechar los cuerpos fructíferos y realizar posteriores determinaciones morfológicas y bioquímicas.

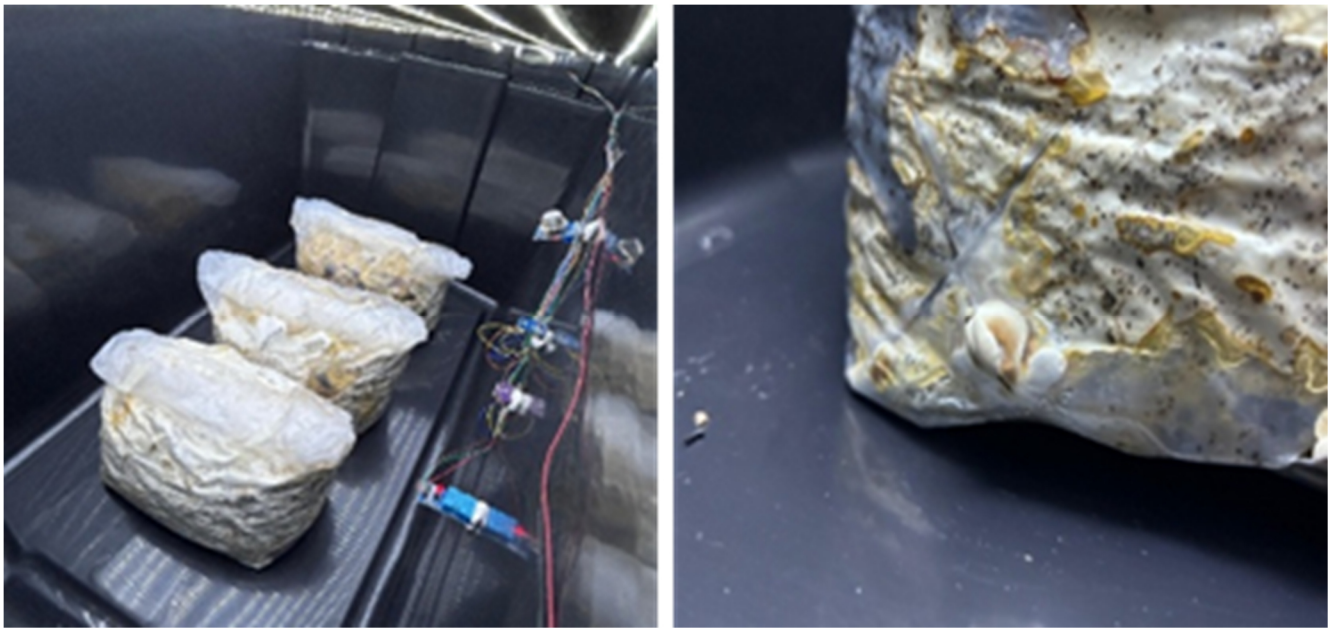


Figura 2. Crecimiento de primordios de *Ganoderma curtisii* en incubadoras.

Conclusiones

La construcción de las incubadoras inteligentes permitió la integración de dispositivos electrónicos en la investigación científica, enfocando y aprovechando los diferentes componentes tecnológicos en aras de la experimentación, situación que favorece el aprovechamiento de diferentes recursos y espacios para dar cabida a nuevos proyectos de investigación, como lo es el caso del estudio de condiciones de crecimiento del hongo *Ganoderma curtisii*, de importancia medicinal y económica, además de su rol ecológico y presencia en la región de Veracruz.

Referencias bibliográficas

Gryzenhout, M., Ghosh, S., Tchotet Tchoumi, J. M., Vermeulen, M., & Kinge, T. R. 2021. Ganoderma: Diversity, Ecological Significances, and Potential Applications in Industry and Allied Sectors. En Fungal Biology (pp. 295–334). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67561-5_9

Vega, N. E., Cárdenas, M. J. A., Ruíz, I. G., & Sandoval, P. S. 2021. Construcción de incubadora para microbiología y tejidos vegetales (Construction of an incubator for microbiology and plant tissue). Pistas Educativas, 43(139).

AGROECOSISTEMAS

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

MANO DE OBRA REQUERIDA PARA EL MANEJO DE UN MÓDULO DEMOSTRATIVO CON MILPA INTERCALADA EN ÁRBOLES FRUTALES EN VERACRUZ

Sergio Uribe-Gómez[1]*, Rigoberto Zetina-Lezama[1], Marco Antonio Reynolds-Chávez[1] y Ángel Capetillo-Burela[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carr. Federal Veracruz-Córdoba. La Esmeralda, Medellín, Ver., México. C.P. 94270
*Autor para correspondencia: uribe.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *MIAF, Pequeñas unidades de producción, Cultivo doble de maíz, Frutales.*

Introducción

La promoción del sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) en el Programa Sembrando Vida (PSV) incrementó la implementación del sistema de 100 ha en cuatro estados en 2019 a 433,000 ha en 21 estados de la República en 2024. (Secretaría del Bienestar, 2024). Uno de los factores que definen la adopción o rechazo del sistema o de alguno de sus componentes es su alto requerimiento de mano de obra (Ruiz *et al*., 2012), principalmente en regiones con disponibilidad limitada de este recurso. El objetivo de este estudio de caso fue cuantificar el requerimiento de mano de obra en un módulo demostrativo con el sistema MIAF, manejado por el INIFAP, en el estado de Veracruz, para corroborar la hipótesis de que este sistema es un generador de empleo en el medio rural.

Materiales y métodos

El "Módulo de Investigación y Transferencia de Tecnologías Productivo Conservacionistas Dr. Antonio Turrent Fernández", se encuentra ubicado en el ejido de Axochío, municipio de San Andrés Tuxtla, Ver., a 18° 20' 0.5" LN y 95° 17' 57.7" LW, a una altitud de 60 m; ha sido un sitio de referencia para la capacitación e intercambio tecnológico de la tecnología MIAF entre investigadores, técnicos y productores participantes en el Programa Sembrando Vida.

El MIAF (Figura 1) es un sistema de cultivo intercalado, constituido por tres especies: el árbol frutal (epicultivo), el maíz (mesocultivo), y el frijol u otra especie comestible, de preferencia leguminosa (sotocultivo) en intensa interacción agronómica para optimizar espacial y temporalmente el uso de la tierra (Turrent *et al*., 2017).

Figura 1. Distribución de cultivos anuales y perennes del sistema MIAF.

El módulo en estudio tiene una superficie de 1 ha, donde se establecieron tres componentes que interactúan para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y de la mano de obra. El componente de frutales consta de 216 árboles de chicozapote (*Manilkara zapota* L.), 141 de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) y 104 de carambolo (*Averrhoa carambola* L.). El componente de cultivos anuales consiste en un cultivo doble de maíz (*Zea mays* L.) en sucesión de maíz o en un cultivo doble de maíz en relevo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), y el tercer

componente es un filtro de escurrimientos. Durante 2024 se cuantificó la mano de obra requerida para el manejo del sistema en su conjunto, con las prácticas recomendadas por Francisco *et al.* (2010).

Resultados y discusión

El requerimiento total de mano de obra para el manejo del módulo fue de 294 jornales/ha, de los cuales 155 fueron familiares y 139, asalariados (Figura 2).

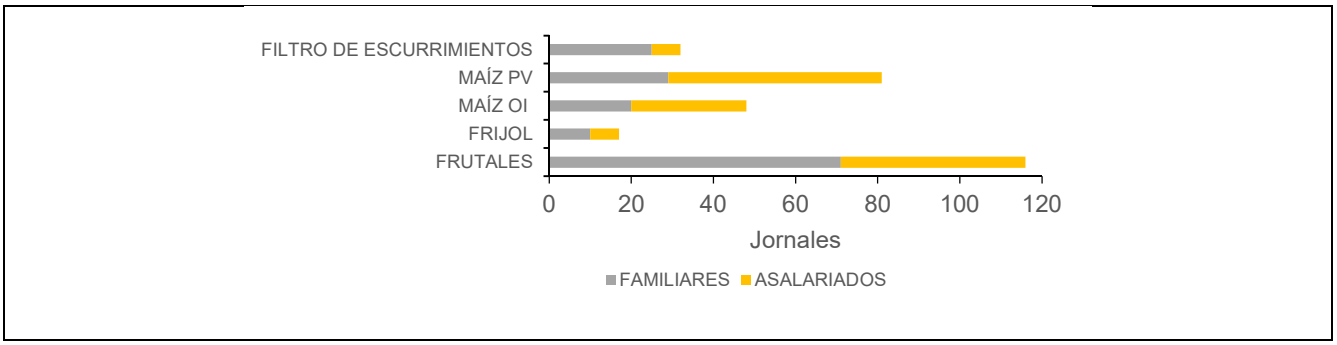


Figura 2. Mano de obra requerida por los componentes de frutales, cultivos anuales y filtro de escurrimientos en el Módulo MIAF durante 2024.

En el componente de frutales se utilizaron 116 jornales en 0.33 ha. Para continuar con el establecimiento del limón persa, durante 2024 se requirieron 37 jornales, de los cuales 14, se destinaron para el control de arvenses, y el resto, principalmente para riego, fertilización y control de plagas y enfermedades. Además, se utilizaron siete jornales para la poda del carambolo y 59 para la poda del chicozapote, que representó 50% de los jornales requeridos para este componente.

En el cultivo doble de maíz en sucesión de maíz se invirtieron 129 jornales, de los cuales 81 se utilizaron para el maíz ciclo primavera-verano, en 0.7 ha, y 48, para el maíz ciclo otoño-Invierno en 0.6 ha; a su vez, el frijol se sembró en 0.1 ha con una demanda de 17 jornales. Las actividades que mayor cantidad de mano de obra demandaron para el maíz de primavera-verano, fueron siembra, control de arvenses y cosecha, con valores de 22, 16 y 14, respectivamente, que en conjunto representó 64% de los jornales requeridos para este cultivo. Con relación al maíz de otoño-invierno, las actividades en las se utilizó mayor cantidad de jornales fueron siembra, cosecha y corte de rastrojo, con 13, ocho y ocho jornales, respectivamente, que representa 60% del requerimiento de mano de obra para este ciclo. Para la instalación del filtro de escurrimientos, se requirieron 32 jornales, principalmente para el corte de los residuos y su colocación “aguas arriba” de la hilera de frutales.

En la Figura 3 se presenta la distribución temporal de mano de obra a nivel semanal de enero a diciembre de 2024, para el manejo del módulo.

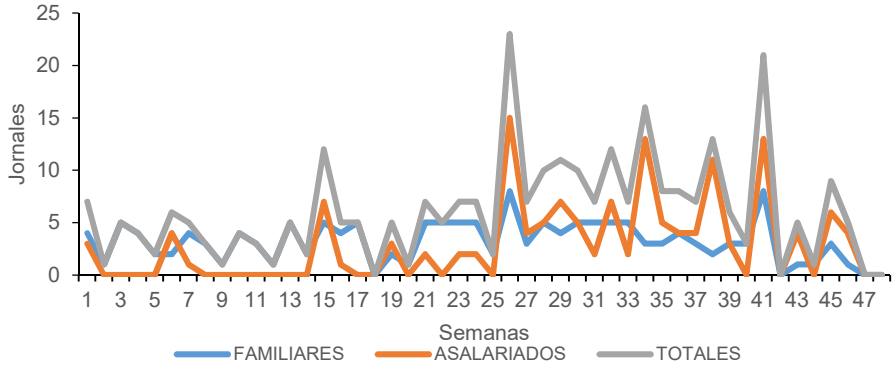


Figura 3. Mano de obra por ha requerida a nivel semanal durante 2024 para el manejo del “Módulo de Investigación y Transferencia de Tecnologías Productivo Conservacionistas Dr. Antonio Turrent Fernández”.

Los mayores requerimientos se registraron en las semanas 26, 34 y 41, correspondientes a la segunda semana de julio, segunda semana de septiembre y primera semana de noviembre, respectivamente, con una demanda de 23, 16 y 21 jornales, respectivamente, que representa aproximadamente el 20% de la mano de obra total requerida durante todo el año.

El primer pico de la demanda de mano de obra lo origina principalmente la siembra de maíz de primavera-verano, el segundo, la poda del chicozapote, y el tercero, la siembra de maíz de otoño-invierno.

La cantidad de jornales requeridos para el manejo del módulo MIAF fue de 294 jornales/ha, que supera a los 121 jornales/ha requeridos para el manejo del cultivo doble maíz con tecnología tradicional en la región de los Tuxtlas, Veracruz (Camacho *et al*., 1998); lo anterior se debe a que se trata de un módulo demostrativo, donde se invierte mayor cantidad de mano de obra que la estrictamente requerida en el proceso productivo y porque el uso de mano de obra no se limitó a la cantidad de jornales de la que se disponía, dejando actividades pendientes por realizar, y porque la mayor parte de las actividades se realizan de manera manual, por la falta de un inventario mínimo de equipo agropecuario, con la consecuente baja productividad de la mano de obra.

Este resultado coincide con el obtenido por Ruiz *et al*., 2012 en Oaxaca, donde el requerimiento de mano de obra se duplicó, de 84 jornales por ha con tecnología tradicional a 173, con el sistema MIAF. Este incremento de mano de obra, por la mayor cantidad de labores que se realizan en el sistema, constituye una limitante para su adopción, por lo que representa un área de oportunidad para incorporar equipo motriz, de tracción animal o manual, apropiado para las pequeñas unidades de producción, para ahorrar mano de obra, especialmente en las épocas con mayor demanda para la siembra de los cultivos anuales y para la poda de los frutales.

Conclusiones

Se acepta la hipótesis de que la milpa intercalada con árboles frutales genera oportunidades de empleo en el medio rural, pero pudiera constituir una limitante para su adopción, por lo que se recomienda utilizar equipo agropecuario para ahorrar mano de obra, principalmente en las épocas de mayor demanda.

Referencias bibliográficas

Camacho, C. R., A. Turrent F., J. I. Cortés F. y H. Díaz C. 1998. Uso y productividad de la mano de obra de unidades de producción del trópico húmedo de México con productores participantes y no participantes en el desarrollo y adaptación de innovaciones tecnológicas. Terra Latinoam. 16(4):337-349.

Francisco, N. N., A. Zambada M., A. Turrent F., J. I. Cortés F. y E. N. Becerra L. 2010. El sistema agroforestal milpa intercalada en árboles frutales: innovación para el pequeño productor de laderas. Folleto para Productores No. 15. SAGARPA. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 40 p.

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 mixes del estado de Oaxaca. Rev. Mex. Cien. Agríc. 3(8):1605-1621.

Secretaría del Bienestar. 2024. Programa Sembrando Vida. https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida [consultado el 14 de noviembre de 2024].

Turrent, F., A., J. I. Cortés F., A. Espinosa C., E. Hernández R., R. Camas G., J. P. Torres Z. *et al*. 2017. MasAgro o MIAF ¿Cuál es la opción para modernizar sustentablemente la agricultura tradicional de México? Rev. Mex. Cien. Agríc. 8(5):1169-1185.

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Ángel Capetillo-Burela[1], Álvaro Palacios-Mendoza[2], Maikel Abreu-Jiménez[2], Yuneidys González-Espinosa[2], Catalino Jorge López-Collado[2*] y Lenom Cajuste-Bontemps[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carr. Federal Veracruz-Córdoba. La Esmeralda, Medellín, Ver., México. C.P. 94270
[2]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, km 88.5 Carr. Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. C.P. 91690
[3]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, km 36.5 Carr. Federal México-Texcoco, Montecillo, Texcoco de Mora, Edo. de Méx., México. C.P. 56264
Autor para correspondencia: ljorge@colpos.mx

Palabras clave: *Mapas, Temperatura, Suelos, Producción, Productividad.*

Introducción

La guanábana (*Annona muricata* L.) es un cultivo tropical de alto valor económico y nutricional, reconocido por sus propiedades medicinales y su demanda en mercados nacionales e internacionales (García-Salas *et al*., 2020). En México, el estado de Veracruz destaca como una región con potencial agroclimático para su producción, debido a sus condiciones tropicales y subtropicales; sin embargo, la falta de estudios específicos sobre zonificación agroecológica limita el desarrollo óptimo del cultivo, generando incertidumbre en la selección de áreas con condiciones edafoclimáticas adecuadas (Hernández-Ramos *et al*., 2019). En este contexto, el uso de sistemas de información geográfica (SIG), como QGIS, resulta indispensable para realizar una zonificación precisa, ya que permite integrar y analizar capas de información climática, edáfica y topográfica de manera eficiente; además, esta herramienta facilita la generación de modelos espaciales que optimizan la toma de decisiones, reduciendo costos y tiempo en comparación con métodos tradicionales (Torres-Ruiz *et al*., 2023). Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue identificar las zonas óptimas para la producción del cultivo de guanábana, mediante la zonificación agroecológica con el programa Q-GIS Versión 3.40.4 para el estado de Veracruz

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Colegio de Posgraduados Campus Veracruz, ubicado en el Predio Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver., México, a los 19°11´53" de latitud norte y 96°19´47" de Longitud oeste a una altitud de 32 m (García, 2004).

El desarrollo de la zonificación agroecológica **(**ZAE) en el cultivo de guanábana en Veracruz se realizó con el programa QGIS versión 3.40.4, el cual combinó el análisis de datos climáticos, edáficos y topográficos con herramientas geoespaciales, proporcionando información valiosa para la planificación agrícola y la adaptación al cambio climático. El proceso para la generación del mapa de aptitud consistió en las siguientes etapas: recopilación de datos, identificación de los requerimientos del cultivo, análisis espacial, evaluación de aptitud, validación de campo, identificación de limitantes, generación de mapas y propuesta de manejo.

La validación y análisis de información en QGIS se realizó mediante la combinación de herramientas, técnicas, revisión manual y comparación con fuentes externas; con la finalidad de asegurar que los datos generados fueran precisos, confiables y útiles para la toma de decisiones en la producción del cultivo de guanábana.

Resultados y discusión

Se encontró que, en el mapa de temperatura generado con QGIS, más de 90% del estado de Veracruz es adecuado para el cultivo de guanábana; sin embargo, considerando el mapa de precipitación, se encontró que el mayor potencial está enfocado a la zona sur del estado, así como a las regiones lejanas de la región costera, es decir, áreas donde la precipitación sea mayor de 1,400 mm anuales y sean protegidas de los vientos del norte. Cabe mencionar que la guanábana es un cultivo tropical con altos requerimientos hídricos, ya que se ha identificado que los valores de precipitación anual superiores a 1,200 mm son fundamentales para garantizar un desarrollo adecuado de la planta. Así lo demuestran Pérez y Rodríguez (2019), quienes concluyen que la precipitación anual es uno de los factores determinantes en la delimitación de zonas aptas para el cultivo de

guanábana, especialmente cuando supera los 1,200 mm anuales; por lo que estos hallazgos evidencian que la precipitación no solo influye en el crecimiento y productividad de los cultivos, sino que debe ser considerada como eje central en la planificación territorial agrícola. Por otro lado, respecto al tipo de suelos que requiere este cultivo como son **suelos profundos, bien drenado y principalmente ricos en materia orgánica, se encontró en esta investigación que considerando este tipo de mapas se tiene un 65% de suelos de Veracruz aptos para el cultivo en cuestión.**

En la Figura 1, se muestra el mapa de zonificación agroecológica del cultivo de guanábana en Veracruz elaborado mediante QGIS; en este se pudieron identificar áreas con distinto potencial productivo para este cultivo; es decir, áreas aptas por clima húmedo, así como áreas montañosas (no aptas por bajas temperaturas), asegurando una producción eficiente y sostenible. En este sentido, las zonas con mayor potencial productivo para la guanábana se localizan en la zona sur del estado de Veracruz, así como en las zonas cercanas a las regiones serranas del estado (áreas de color verde intenso). El mapa muestra que algunas zonas se encuentran en las cercanías de las regiones serranas, por lo que esta distribución refleja la importancia de considerar la interacción de múltiples factores biofísicos para determinar la aptitud de la tierra para un cultivo específico. La información generada proporciona información valiosa para los agricultores y los responsables de la toma de decisiones, debido que, al determinar las áreas más aptas para el cultivo, es posible reducir los riesgos agrícolas, optimizar el uso de los recursos y promover el desarrollo sostenible de la producción de guanábana en el estado.

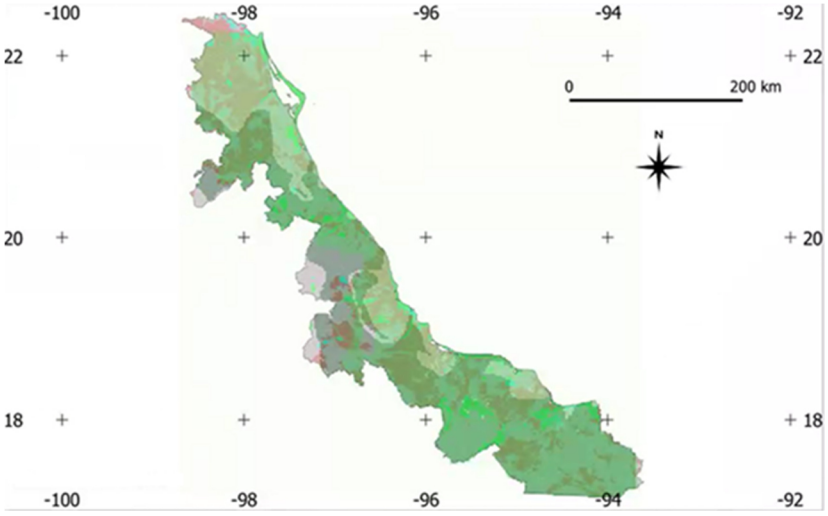


Figura 1. Mapa de zonificación agroecológica del cultivo de guanábana en Veracruz.

Conclusiones

La zonificación agroecológica mediante QGIS se posiciona como una herramienta esencial para optimizar el cultivo de guanábana en Veracruz, al integrar variables climáticas, edáficas y topográficas que determinan las áreas con mayor aptitud. Los mapas generados permiten identificar zonas óptimas con temperaturas (20-30°C), precipitación adecuada (>1,200 mm/año) y suelos bien drenados (franco-arenosos), minimizando riesgos como heladas, inundaciones o suelos inadecuados.

Referencias bibliográficas

García-Salas, P., V. Verardo and A. M. Gómez-Caravaca. 2020. Bioactive compounds from *Annona muricata* and their health benefits. Trends Food Sci. Tech. 96:20-34.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros Núm. 6. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 90 p.

Hernández-Ramos, J., J. A. Núñez-Moreno y R. Rodríguez-Macías. 2019. Evaluación de suelos para cultivos tropicales en Veracruz. Rev. Mex. Cien. Agríc. 10(2):345-358.

Pérez, A. y M. Rodríguez. 2019. Análisis de las condiciones agroclimáticas del Caribe colombiano para la delimitación de áreas aptas para el cultivo de guanábana. Informe Técnico No. 45. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Montería, Colombia. 80 p.

Torres-Ruiz, M. F., J. Delgado-Balbuena y R. Aguirre-Gómez. 2023. SIG aplicados a la agricultura de precisión: casos de estudio en Latinoamérica. Rev. Int. Geomática 15(1):45-60.

CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTORES CONVENCIONALES DE LIMÓN (*Citrus latifolia*) EN EL EJIDO DE TUZAMAPAN (COATEPEC, MÉXICO)

Juan Carlos Agudelo-Martínez[1,3]*, Fernando Hernández-Baz[1], Gustavo Ortiz-Ceballos[1], Miguel Ángel García-Martínez[2] y Néstor Pérez-Buitrago[3]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas - Xalapa, Posgrado en Ciencias Agrícolas y Forestales, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán, s/n. Xalapa, Ver., México. C.P. 91000.
[2]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Orizaba-Córdoba, Camino Peñuela-Amatlán, s/n, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94945.
[3]Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación en Ciencias de la Orinoquia, km 9 vía Arauca-Tame Hacienda El Cairo, Arauca, Colombia.
*Autor para correspondencia jcagudelo@gmail.com.

Palabras clave: *Agroecosistema, Encuesta, Clasificación.*

Introducción

La producción de limón en México puede ser orgánica o convencional, siendo este último un grupo heterogéneo. A pesar del creciente interés en las prácticas agroecológicas, la mayoría de los productores de limón en México operan bajo sistemas agrícolas convencionales (Bara *et al*., 2018). Teniendo en cuenta que se trata de un amplio grupo de productores hipotetizamos que deben existir diferencias dentro del grupo de productores convencionales impulsadas por diferencias en las características del cultivo (tamaño de los predios, densidad de siembra etc.), prácticas agrícolas realizadas (uso de agroquímicos, fertilización etc.) y variables socioeconómicas del productor (dedicación a la producción, edad, etc.). El análisis de estas variables puede proporcionar información que permita clasificar a los productores de limón convencionales en grupos que podrían reflejar la influencia que tienen las variables evaluadas en la elección de los productores entre prácticas convencionales y agroecológicas. Por esta razón, se usó la información recopilada mediante encuestas a productores convencionales de limón en el ejido de Tuzamapan, municipio de Coatepec, Ver., México, con el objetivo de caracterizar las prácticas agrícolas, identificar los principales atributos del sistema productivo y generar una clasificación de los productores de limón, esperando que estos resultados contribuyan a una mejor comprensión de la dinámica dentro del sector de producción de limón en esta zona de Veracruz.

Materiales y métodos

El área de estudio fue el ejido de Tuzamapan, municipio de Coatepec; el clima de la zona de estudio es del tipo Aw1 de acuerdo con la clasificación de Köppen, que se caracteriza por temperaturas medias anuales de 22°C, con rangos de precipitación entre los 1,100 y 2,100 mm anuales, concentrados en verano, con bajo porcentaje de lluvia invernal (Soto *et al*., 2001). Presenta una altitud promedio de 850 m y se caracteriza por la presencia de diferentes cultivos, como caña de azúcar, café y cítricos, producto de la transformación de la cobertura natural de bosque tropical perennifolio que predominó en la región, y de la cual aún pueden encontrarse pequeños fragmentos. La zona de estudio no tiene registro oficial de productores de limón, por lo cual se implementó un muestreo no estadístico (bola de nieve) entre los meses de octubre y noviembre de 2024. Se diseñó una encuesta usando revisión de la información primaria y secundaria disponible sobre la producción de limón en la zona de estudio, que fue complementada con entrevistas a productores. La encuesta contenía 39 preguntas que corresponden a igual número de variables evaluadas, las cuales se agruparon en cuatro dimensiones, 1. Características del cultivo, 2. Prácticas agrícolas, 3. Información socioeconómica y 4. Necesidad de capacitación. Los datos obtenidos se estandarizaron para evitar el sesgo por la diferencia en la magnitud de las variables; posteriormente se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para establecer si existen agrupaciones de productores en función de sus características, y un análisis de conglomerados jerárquico (HCA), usando distancias euclidianas y el método de agrupación de Ward, con los valores de coordenadas del ACP calculadas para cada uno de los productores. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Core Team, 2023).

Resultados y discusión

Se recolectó la información de 61 productores de limón del área de estudio. El tamaño promedio de los predios evaluados fue de 3.07 ha, mientras que el área cultivada por limón es de 1.74 ha, con un número promedio de árboles de limón igual a 675. A partir de estos valores podemos calcular la densidad promedio de los limonares de la zona de estudio en 388 árboles de limón/hectárea. La superficie de los predios dedicadas a otros usos fue menor a una hectárea en todos los casos (otros cultivos $\bar{x}$ = 0.85 ± 0.20, pastizales $\bar{x}$ = 0.22 ± 0.13 y bosque $\bar{x}$ = 0.5 ± 0.12). El ACP se realizó usando 25 de las 39 variables evaluadas y calculó 10 componentes, representados como un gráfico de sedimentación, mostrando que las tres primeras dimensiones explican el 57.04% de la variación del conjunto de datos (Figura 1A). Los valores de correlación (r^2) del aporte de las variables a cada componente fueron estadísticamente significativos ($p<0.01$) para todas las variables de los componentes calculados del ACP.

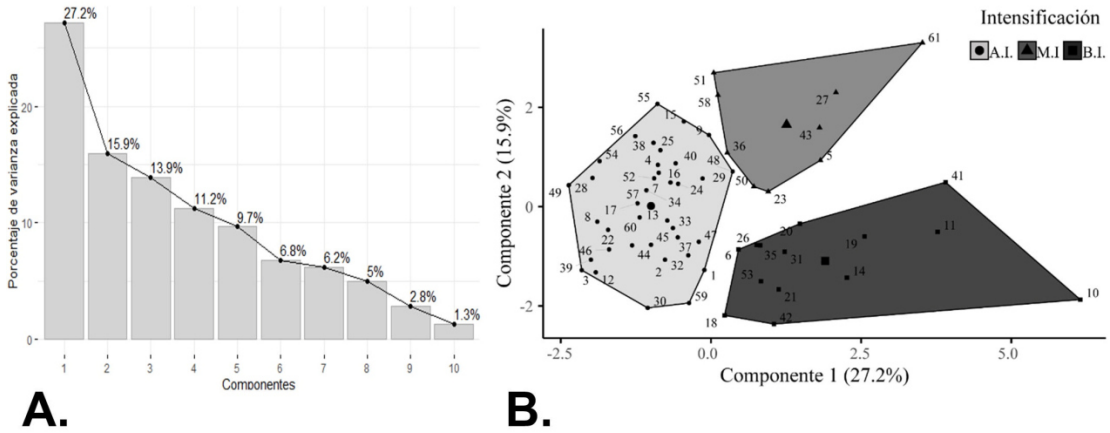


Figura 1. A. Gráfico de sedimentación de los 10 componentes calculados por el ACP. B. Biplot usando las coordenadas de cada uno de los productores en los dos primeros componentes principales 1 y 2, representados como ejes y los grupos generados por el análisis de agrupamiento jerárquico. Grupo 1 (gris claro), productores de predios pequeños con alta intensificación (A.I.). Grupo 2 (gris), productores con predios medianos y combinación de prácticas agrícolas convencionales y agroecológicas. Grupo 3 (gris oscuro), productores con predios grandes y prácticas agrícolas principalmente agroecológicas.

A partir de los resultados de las coordenadas del ACP se realizó el HCA, representados como un biplot con los dos primeros ejes del ACP (Figura 1B). Se generaron tres grupos, conformados por 38, 9 y 14 productores respectivamente. El primer grupo lo integran productores con predios de tamaño pequeño ($\bar{x}$ = 1.87 ± 0.24), áreas cultivadas de limón de aproximadamente 1 ha ($\bar{x}$ = 1.17 ± 0.08) y 422.1 árboles de limón promedio en el área cultivada. La heterogeneidad del paisaje es baja con otros cultivos, como la cobertura predominante. Las practicas agronómicas de este grupo son: fertilización basada principalmente en la aplicación de agroquímicos, escaso uso del intercalado en los cultivos de limón y uso predominante de insecticidas comerciales con otro tipo de sustancias (sales o aceites) para el control de plagas y enfermedades. Los factores socioeconómicos de la mayor parte de los productores son: escolaridad a nivel de preparatoria con dedicación de tiempo completo a la producción de limón y aproximadamente tres trabajadores empleados durante la producción (Figura 1B. A.I). El segundo grupo se caracteriza por presentar predios de tamaño mediano de aproximadamente 4 ha ($\bar{x}$ = 3.94 ± 0.90), con áreas cultivadas por limón entre 2 y 2.5 ha ($\bar{x}$ = 2.28 ± 0.22) y un promedio de 1,044 árboles de limón en el predio. La heterogeneidad del paisaje es baja, con otros cultivos como la principal cobertura en los predios. Las practicas agronómicas de este grupo son: fertilización basada en una combinación de agroquímicos, compostaje de los residuos de poda, aplicación de excrementos de animal y aplicación de cenizas, uso moderado del intercalado de otros cultivos entre los surcos de los cultivos de limón y uso combinado de insecticidas comerciales con insecticidas orgánicos para el control de plagas y enfermedades. En cuanto a los factores socioeconómicos, la mayor parte de los productores tiene una escolaridad a nivel de primaria, con dedicatoria a la producción de limón de medio tiempo y aproximadamente cuatro empleados durante la producción (Figura 1B. M.I).

El tercer grupo se caracteriza por presentar predios de tamaño grande, de aproximadamente 6 ha ($\bar{x}$= 5.78, ± 0.82), con áreas cultivadas por limón entre de aproximadamente 3 ha ($\bar{x}$= 2.96, ± 0.28) y un promedio de 1,124

árboles de limón en el predio. La heterogeneidad del paisaje es moderada con una combinación de otros cultivos y bosques como principales coberturas en los predios. Las prácticas agronómicas de este grupo son: fertilización basada principalmente en compostaje de los residuos de poda, bajo uso del intercalado de otros cultivos y uso de insecticidas orgánicos para el control de plagas y enfermedades. Los factores socioeconómicos característicos de este grupo son una escolaridad a nivel de preparatoria, con dedicatoria a la producción de limón de tiempo completo y aproximadamente tres personas empleadas durante la producción (Figura 1B. B.I). De acuerdo con los resultados, el tamaño de los predios y la intensificación de las prácticas agrícolas explicarían la formación de los grupos, los cuales siguen un gradiente que va desde predios pequeños con prácticas agrícolas convencionales, hasta predios grandes con prácticas agroecológicas. Este tipo de gradientes son comunes en la producción agrícola y coinciden con trabajos donde el tamaño del predio (Cleves-Leguízamo y Jarma-Orozco, 2014) o las prácticas agrícolas (Zamora-Juárez *et al*., 2023) son los principales factores que estructuran las comunidades agrícolas.

Conclusiones

Se identificó que los productores convencionales de limón en Tuzamapan presentan diferencias significativas en cuanto al tamaño de los predios, prácticas agrícolas y características socioeconómicas. Estas variables permitieron clasificarlos en tres grupos distintos.

Se observó un gradiente donde los productores con predios más pequeños tienden a usar prácticas convencionales intensivas, mientras que aquellos con predios más grandes adoptan prácticas más agroecológicas. Los productores medianos mostraron un enfoque mixto.

Se sugiere que las políticas de capacitación o transición agroecológica deben adaptarse a las realidades específicas de cada grupo de productores para ser efectivas.

Referencias bibliográficas

Bara, C. R., R. Jarquin G., H. Reyes H. and J. Fortanelli M. 2018. Adaptation of a participatory organic certification system to the organic products law in six local markets in México. Agroecol. Sustain. Food Syst. 42(1):48-76.

Cleves-Leguízamo, J. A. y A. Jarma-Orozco. 2014. Characterization and typification of citrus production systems in the department of Meta. Agron. Colomb. 32(1):113-121.

R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing [Software]. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/. [consultado el 7 de febrero de 2025].

Soto, M., L. Gama y M. Gómez. 2001. Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz, México. Foresta Veracruzana 3(2):31-40.

Zamora-Juárez, S., D. A. Rodríguez-Lagunes, L. C. Bustillo-García, O. Castañeda-Castro, R. Núñez-Pastrana, J. C. Noa-Carrazana *et al*. 2023. Conventional to organic transition of *Citrus* x *sinensis* (L.) Osbeck (pro. Sp.) orchards in municipalities of northern Veracruz state. Rev. de FCA UNCuyo 55(1):27-37.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el programa de Becas Nacionales para estudios de Posgrado 2024-1 de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECHIT) número 4016988.

EVALUACIÓN *in vitro* DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL QUITOSANO PARA EL CONTROL DE *Lasiodiplodia theobromae*

José Alfredo García-Castellanos[1], Beatriz Gutiérrez-Rivera[1]*, Verónica Saucedo-Rivalcoba[1], Ana Line Vázquez-Larios[1], Elizabeth del Carmen Varela-Santos[1] y Ángel Cárdenas-Cágal[2]

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Superior de Tierra Blanca (ITSTB). Prol. Av. Veracruz s/n Col. PEMEX, Tierra Blanca, Ver., México. C.P. 95180.
[2]Colegio de Posgraduados Campus Córdoba, km 348 Carr. Federal Córdoba-Veracruz, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94953.
*Autor para correspondencia: beatriz.gutierrez@itstb.edu.mx

Palabras clave: *Quitina desacetilada, Fitopatógeno, Efecto fungicida*.

Introducción

México, es un productor y exportador de frutas y hortalizas, que ha visto mermado el rendimiento y calidad de los cultivos por factores ambientales, así como plagas y enfermedades. Entre los patógenos fúngicos de mayor relevancia, se encuentra *Lasiodiplodia theobromae*, un hongo necrótrofo, capaz de infectar una amplia variedad de plantas, incluyendo frutos, semillas y tejidos leñosos (Picos-Muñoz *et al*., 2015). En busca de alternativas más sostenibles y eficientes para el control de *L. theobromae*, se ha explorado el uso de compuestos de origen natural con propiedades antifúngicas. El quitosano, un biopolímero derivado de la quitina, ha emergido como una opción prometedora, debido a que ha mostrado efectos fungicidas e induce mecanismos de defensa en tejidos vegetales; además, es considerado uno de los productos más prometedores para el control de varios hongos en postcosecha (López-Mora *et al*., 2013); sin embargo, presenta un costo elevado en grado reactivo analítico. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la actividad antifúngica del quitosano con dos niveles de pureza (grado reactivo analítico y grado alimentario) en el crecimiento micelial de *L. theobromae*.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Microbiología, en la planta piloto de alimentos del Tecnológico Nacional de México, campus Superior de Tierra Blanca (ITSTB), Veracruz, México.

Reactivación del fitopatógeno. *L. theobromae,* se aisló de ramas de lima persa (*Citrus x latifolia* Tan.), con síntomas de gomosis e identificada por ensayo molecular (Lira-Hernández, 2023). Para su propagación, se utilizó un fragmento de micelio y se colocó en el centro de una caja de Petri con medio agar papa-dextrosa (PDA) MCD LAB® estéril. Las cajas se sellaron con parafilm y se incubaron a 28 ± 2°C en oscuridad durante cinco a siete días. Se monitoreó diariamente el crecimiento del hongo para asegurar la ausencia de contaminantes.

Soluciones de quitosano. Se utilizó quitosano de la marca Sigma Aldrich C3646, a partir de exoesqueleto de camarón ≥75% de desacetilación (QS), y quitosano grado alimenticio (QGA) de la empresa Encapsuladoras® México, ≥90% de desacetilación (QS). Se prepararon dos soluciones patrón de quitosano (24 mg/mL). Para el Sigma-Aldrich se pesaron 3 g de quitosano y se disolvieron en 100 mL de agua destilada, con 2 mL de ácido acético, se mantuvo en agitación durante 24 h, el pH se ajustó a 5.5 con NaOH (1 M) y se agregó agua destilada hasta un volumen 125 mL. En la solución de quitosano comercial se pesaron 3 g y se disolvieron en 100 mL de agua destilada con 0.2 mL de ácido acético en agitación constante durante 24 h. Ambas preparaciones se esterilizaron en autoclave durante 15 min a una temperatura de 121ºC y posteriormente se procedió a distribuir la mezcla en cajas Petri de 60 mm con agar PDA, ajustando las concentraciones de quitosano a 20,000, 10,000, 5,000, 2,500, 1,250, 625 y 312 µg/mL.

Efecto del quitosano en la inhibición de crecimiento de micelio de *L. theobromae*. Se utilizaron discos de micelio (5 mm) de *L. theobromae* con siete días de crecimiento y se colocaron en el centro de las placas de Petri que contenían medio agar PDA con las diferentes concentraciones de quitosano antes mencionadas y se incubaron a 28 ± 2°C. Las placas de Petri testigo sólo contenían PDA. El crecimiento micelial se expresó como diámetro medio (mm), el cual se determinó diariamente con un vernier digital (Keatronic, modelo A150, EE.UU.), hasta que el micelio alcanzó los bordes de las placas del testigo. Se determinó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de acuerdo a la siguiente fórmula (1). Se realizaron tres repeticiones para un diseño unifactorial utilizando QS y QGA con siete niveles de concentración y un testigo, respectivamente. Los resultados se analizaron

estadísticamente mediante un análisis de varianza y se compararon las medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. El análisis estadístico se realizó con el software R versión 4.2.2.

$$\% \text{ inhibición} = \frac{(\text{diámetro del micelio sin quitosano}) - (\text{diámetro del micelio con quitosano})}{(\text{diámetro del micelio sin quitosano})} \times 100 \quad (1)$$

Resultados y discusión

El crecimiento de *L. theobromae* en medio agar PDA, se caracteriza por un micelio blanco esponjoso que se extiende por toda la superficie y que, después de siete días, cambia a un color cenizo oscuro hasta volverse negro. El desarrollo micelial en el tratamiento testigo se extiende por toda la superficie del agar en 48 h, por lo que en ese momento se determinó el porcentaje de inhibición de QS y QGA en los diferentes niveles de concentración (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación del porcentaje de inhibición *in vitro* de quitosano grado reactivo y grado alimenticio sobre *L. theobromae,* a las 48 h de incubación.

Concentración de quitosano (µg/mL)	QS	DE	QGA	DE
T1:20,000	100a	0	100a	0
T2: 10,000	100a	0	100a	0
T3: 5,000	100a	0	83.72b	1.04
T4: 2,500	77.54b	1.52	71.42c	2.32
T5: 1,250	52.40c	1.46	53.06d	5.49
T6: 625	23.16d	0.54	0e	0
T7: 312.5	18.10e	1.43	0e	0
Testigo	0f	0	0e	0

Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey basada en ANOVA con un nivel de significancia $p<0.05$.

Los resultados muestran que la concentración límite para una inhibición completa del crecimiento de *L. theobromae* fue de 5,000 µg/mL para QS y de 10,000 µg/mL para QGA. Estos resultados coinciden con otros autores, que han mencionado que, las concentraciones superiores al 1% lograron inhibir el desarrollo de los hongos *Colletotrichum* sp. y *Botrytis cinerea*, entre otros (Bautista-Baños *et al*., 2017). De acuerdo con El-Araby *et al*. (2024), la actividad antifúngica del quitosano se atribuye principalmente a interacciones electrostáticas entre el grupo (NH_3^+) del polímero y las paredes celulares de los hongos, las cuales presentan carga negativa. Estas interacciones provocan alteraciones en la permeabilidad celular, fuga de solutos y disrupción del metabolismo celular, lo que conlleva finalmente a la muerte del patógeno.

Así también, en el Cuadro 1 se observa diferencia significativa para QS entre los tratamientos T4 a T7 y contra el testigo, mostrando un efecto de inhibición (18.1%) en la concentración más baja evaluada de 312.5 µg/mL, debido probablemente a un mayor grado de pureza del reactivo. Por otra parte, se observa para QGA que no hay efecto de inhibición en las concentraciones más bajas evaluadas de 625 y 312.5 µg/mL, mientras que, en las más altas, se presentó una inhibición total del crecimiento de *L. theobromae*. El tratamiento T3 (5,000 µg/mL) resulta de particular interés, porque presenta un valor de inhibición mayor al 80% (Cuadro 1) y éste se mantiene hasta el cuarto día de crecimiento (81.5%). Al continuar su cinética de crecimiento, se observa que disminuye apenas 9% cuando llega al noveno día de crecimiento (Figura 1). Lo anterior, resulta ventajoso por la diferencia en costo, porque el valor de QS puede ser 40 veces mayor que el de QGA.

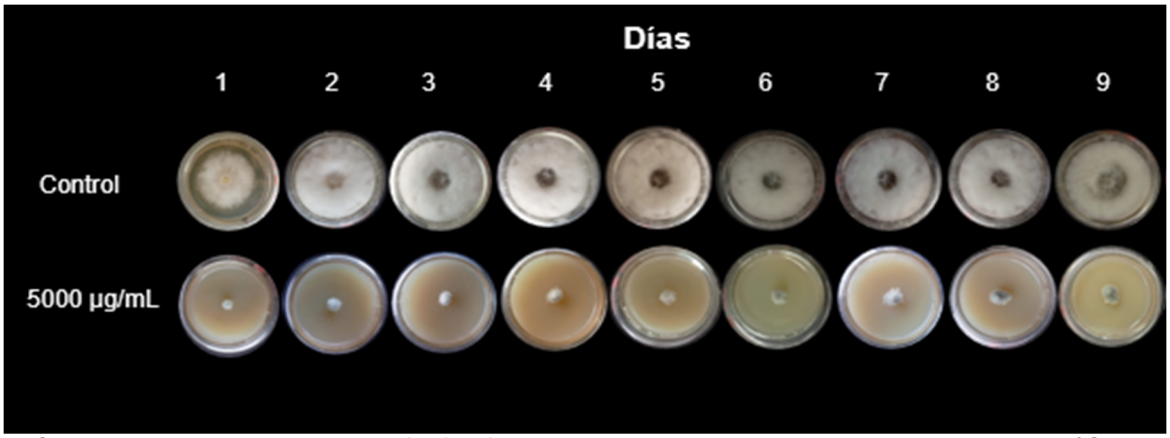


Figura 1. Crecimiento micelial del hongo *L. theobromae* en agar PDA durante nueve días a 28 ± 2ºC.

Conclusiones

Estos resultados destacan por el uso potencial del quitosano en la agricultura sustentable, por su efecto inhibitorio contra *L. theobromae*, adicional a su baja toxicidad, biodegradabilidad y acción antimicrobiana. También se destaca el uso de QGA (5,000 µg/mL) con valores de inhibición superiores al 70% después de ocho días en condiciones *in vitro*, debido a su menor costo en comparación con QS.

Referencias bibliográficas

Bautista-Baños, S., R. I. Ventura-Aguilar, Z. M. Correa-Pacheco and M. L. Corona-Rangel. 2017. Chitosan: A versatile antimicrobial polysaccharide for fruit and vegetables in postharvest –a review. Rev. Chapingo Ser. Hortic. XXIII(2):103-121.

El-Araby, A., W. Janati, R. Ullah, N. Uddin and A. Bari, 2024. Antifungal efficacy of chitosan extracted from shrimp shell on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) postharvest spoilage fungi. Heliyon 10(7):e29286.

Lira-Hernández, T. 2023. Especies de *Bacillus* como alternativa de control biológico contra el agente causal de la gomosis en lima persa (*Citrus x latifolia* Tanaka) de la región citrícola Joachín, Ver. Tesis de maestría. Tecnológico Nacional de México. Campus Superior de Tierra Blanca. Tierra Blanca, Ver., México. 96 p.

López-Mora, L. I., P. Gutiérrez-Martínez, S. Bautista-Baños, L. F. Jiménez-García and H. A. Zavaleta-Mancera. 2013. Evaluation of antifungal activity of chitosan in *Alternaria alternata* and in the quality of “Tommy Atkins” mango during storage. Rev. Chapingo Ser. Hortic. XIX(3):315-331.

Picos-Muñoz, P. A., R. S. García-Estrada, J. León-Félix, A. Sañudo-Barajas y R. Allende-Molar. 2015. *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: taxonomía, hospedantes, diversidad y control. Rev. Mex. Fitopatol. 33(1):54-74.

ACTITUD Y PERCEPCIÓN SOBRE LA GOBERNANZA DEL AGUA: DISEÑO DE INDICADORES EN EL DISTRITO DE RIEGO 035 LA ANTIGUA, VERACRUZ

Martha Beatriz Cuéllar-Lugo[1], Alberto Asiain-Hoyos[1*], Felipe Gallardo-López[1], María del Carmen Álvarez-Ávila[1], Salvador Partida-Sedas[1], Juan Suárez-Sánchez[2] y Juan Manuel Hernández-Pérez[3]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, km 88.5 Carr. Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. C.P. 91669.
[2]Universidad Autónoma de Tlaxcala. Av. Universidad No. 1, La Loma Xicotencatl. Tlaxcala, Tlax., México. C.P. 90070.
[3]Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván, km 4.5 Carr. Cd. Cardel-Chachalacas, Úrsulo Galván, Ver., México. C.P. 91667.
*Autor para correspondencia: aasiain@colpos.mx

Palabras clave: *Uso agrícola, Enfoque de gobernanza, Módulos de riego, Toma de decisiones, Gestión hídrica.*

Introducción

La gobernanza es un concepto fundamental en la teoría democrática, concebido como un modelo dinámico donde interactúan actores estatales, privados y la sociedad civil. Su propósito principal es abordar y resolver problemas públicos. Este enfoque fomenta relaciones colaborativas que impulsan la participación en la toma de decisiones, buscando un equilibrio entre el poder político, económico y social o ciudadano.

Esto se materializa a través de un esquema de gobernanza abierta, regido por principios clave como la transparencia, la participación ciudadana, la rendición de cuentas y la colaboración. A pesar de la relevancia de este marco, es crucial reconocer que los recursos hídricos enfrentan desafíos significativos debido a deficiencias en su gestión (Trimble *et al.,* 2022). Esto subraya la necesidad imperante de aplicar y fortalecer los principios de gobernanza específicamente en la gestión del agua para asegurar su manejo eficiente y sostenible.

El Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz (DR035), es un claro ejemplo de las complejidades en la gobernanza del agua. Este distrito enfrenta desafíos significativos en la toma de decisiones, generando conflictos que radican principalmente en la responsabilidad, el ejercicio del poder y la rendición de cuentas en la gestión del agua para los usuarios. Por lo tanto, es fundamental fortalecer la organización interna para optimizar la eficiencia en el uso del agua de riego dentro de este distrito.

Bajo este contexto, el objetivo principal de esta investigación fue diseñar un sistema de indicadores para cuantificar la actitud y percepción de los usuarios de las Asociaciones de Usuarios de los Módulos de Riego (AUMR), acerca de la gobernanza del agua en el Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz. Este esfuerzo es vital para entender mejor las dinámicas actuales y proponer soluciones que fortalezcan la gestión hídrica en la región.

Materiales y métodos

Para esta investigación se seleccionaron las tres Asociaciones de Usuarios de los Módulos de Riego (Figura 1) que se encuentran dentro del Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz: a) Asociación de Usuarios COANALAG Módulo de Riego La Antigua, A.C., b) Asociación de Usuarios Río Actopan, A.C., Módulo II-1, y c) Asociación de Usuarios de la Unidad de Riego Puente Nacional, A.C.

Se analizaron dos metodologías de organismos internacionales: a) La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que busca evaluar la existencia y nivel de implementación de la gobernanza, cambios previstos a lo largo del tiempo y nivel de consenso entre las partes interesadas para implementar acciones de mejora en el sistema, bajo tres dimensiones como son i) efectividad, ii) eficiencia, y iii) confianza y participación (OECD, 2018), y b) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que tiene por objetivo diseñar herramientas de trabajo que puedan utilizar las juntas de vigilancia del sistema de agua potable, los comités de vigilancia para el manejo de los recursos hídricos, los operadores municipales del sistema de agua potable, las juntas administradoras del agua y las asociaciones de desarrollo comunal (ADESCO), considerando cinco criterios a autoevaluar como i) gestión de la organización, ii) gestión administrativa y comercial; iii) gestión en operación y mantenimiento del sistema; iv) gestión ambiental; y, v) gestión de riesgo (PNUD, 2015). Además, se consideró una metodología de un organismo nacional: c) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

que contempla indicadores de derecho humano al agua y saneamiento, clasificados en seis categorías i) recepción del derecho, ii) contexto financiero y compromiso presupuestal, iii) capacidades estatales. iv) igualdad y no discriminación. v) acceso a información y participación, y vi) acceso a la justicia (IMTA, 2023).

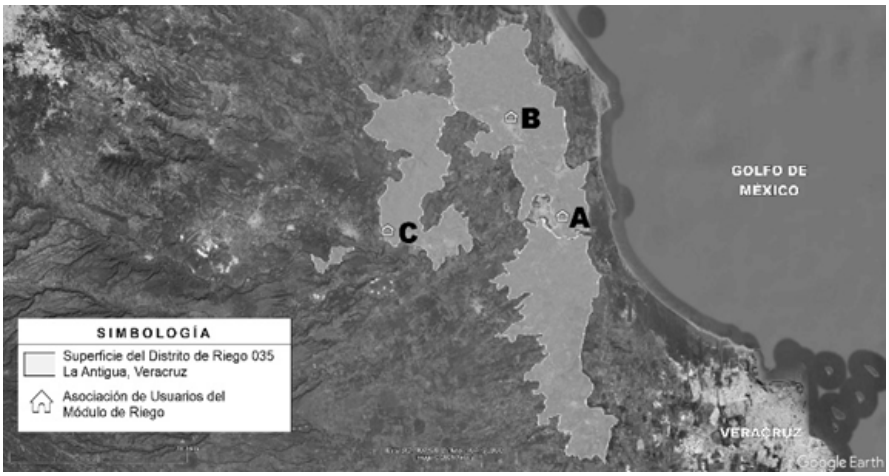


Figura 1. Asociaciones de Usuarios de los Módulos de Riego: a) COANALAG Módulo de Riego La Antigua, A.C., b) Módulo II-1 Río Actopan, A.C., y c) Unidad de Riego Puente Nacional, A.C. Fuente: Elaboración propia.

A partir de las metodologías analizadas se diseñó un sistema de indicadores que permitió elaborar un cuestionario semiestructurado con escala Likert y binomial para obtener datos cuantitativos y cualitativos, y conocer la actitud y percepción de los usuarios de las AUMR dentro del DR035.
Se revisó el Padrón de Usuarios del Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz, que contiene el registro de 7,946 usuarios. Éstos se encuentran estratificados por Módulos de Riego: a) COANALAG Módulo de Riego La Antigua, A.C., con 3,598 usuarios (M1LA), b) Módulo II-1 Río Actopan, A.C., con 3,322 usuarios (M2AC), y c) Unidad de Riego Puente Nacional, A.C., con 1,026 usuarios (M3PN). Se determinó el tamaño de muestra total por medio de la técnica de muestreo proporcional, la cual es utilizada para fenómenos de baja ocurrencia y en donde se consideró una prevalencia P=0.05, un α=0.05 y un error máximo tolerado de e=3%. Se obtuvo una muestra de 200 usuarios para el DR035, los cuales se estratificaron por AUMR en donde M1LA = 90, M2AC = 84 y M3PN = 26.

Resultados y discusión

Como resultado preliminar en esta primera etapa de la investigación se aplicó una prueba piloto a 20 usuarios de riego (10% del total del tamaño de muestra). Este ejercicio servirá para ajustar y calibrar el instrumento antes de aplicarlo en cada uno de los estratos de usuarios en los módulos de riego.
Es necesario reconocer que la gobernanza del agua es el conjunto de reglas y procesos a través de las cuales se implementan prácticas para la gestión de los recursos y servicios hídricos, donde se responsabiliza a los tomadores de decisiones su uso eficiente, y se busca alcanzar metas sociales acordadas de interés público de manera participativa, colaborativa y corresponsable. Es primordial aplicar una gestión eficiente de los recursos y un manejo óptimo de la infraestructura de riego a través de la participación y responsable entre los usuarios y sus representantes de las AUMR dentro del Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz (DR035).
Se debe enfatizar que la evaluación de la gobernanza del agua es posible mediante la aplicación de una metodología integrada por un conjunto de métodos, técnicas y procedimientos que proporcione un marco estructurado para abordar de manera sistemática y objetiva las problemáticas relacionadas con este recurso. Asimismo, definir un plan de acción claro y conciso permitirá diseñar estrategias para mejorar este sistema, y finalmente, realizar una evaluación que retroalimente todo el proceso para mejorar los indicadores en la gestión de este recurso (Montes de Oca y Clavijo, 2022).

Conclusiones

Este trabajo de investigación aún se encuentra en desarrollo por lo cual sólo se puede concluir parcialmente que, para una gobernanza del agua efectiva se debe reconocer la participación entre los actores, estableciendo sus roles y obligaciones que le pertenece a cada uno. Este enfoque implica trabajar en red puesto que todas las

acciones y decisiones repercuten en la gestión integrada del agua de riego, desde el distrito de riego, los módulos de riego, el consejo administrativo hasta los usuarios finales. El identificar el nivel de gobernanza del agua en un contexto socio económico rural como es el caso del Distrito de Riego 035 La Antigua, Veracruz, permitirá que las autoridades consideren las necesidades particulares de los usuarios a fin de generar políticas públicas puntuales para satisfacer la demanda productiva dentro de los agroecosistemas.

Referencias bibliográficas

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2023. Indicadores de derechos humanos al agua y al saneamiento en México 2023. https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOI/libros/2023/Libro-indicadores-derechos-humanos-agua-saneamiento.pdf [consultado el 25 de marzo de 2025].

Montes de Oca, B. L. B. y M. M. Clavijo R. 2022. Discusiones contemporáneas sobre gobernanza. Componentes, condiciones y alcances para analizar e implementar acciones para el manejo del agua. p. 137-164. In: Rojas, R. A. y V. G. Tzatchkov (coords.). Introducción a la seguridad hídrica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Mor., Mexico.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2018. Implementing the OECD principles on water governance: indicator framework and evolving practices. OECD Publishing. París, France. 34 p.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2015. Guía para los organismos que vigilan la gestión del agua en El Salvador. Como crecen en transparencia y rendición de cuentas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Antiguo Cuscatlán, El Salvador. 122 p. https://siwi.org/wp-content/uploads/2016/01/social-audit-manual.pdf [consultado el 25 de marzo de 2025].

Trimble, M., T. Olivier, L. A. P. Anjos, N. Dias Tadeu, G. Giordano, L. Mac Donnell *et al*. 2022. How do basin committees deal with water crises? Reflections for adaptive water governance from South America. Ecol. Soc. 27(2):42.

POTENCIALIDADES DE CUBIERTAS VEGETALES EN LA ESTRATEGIA AGROECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE *Diaphorina citri*

Silvia Nelly Almaguer-Hidalgo[1]* y Francisco Osorio-Acosta[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, km 88.5 Carr. Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver. C.P. 91690
*Autor para correspondencia: almaguer.silvia@colpos.mx

Palabras clave: *Control biológico por conservación, Fauna auxiliar, Lima Persa*.

Introducción

En 2024, México se consolidó como uno de los mayores productores de lima Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) a nivel mundial. En la mayoría de sus plantaciones citrícolas, el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama, (Hemiptera: Liviidae) causa severos daños económicos al transmitir las bacterias *Candidatus Liberibacter* spp., las cuales provocan la enfermedad Huanglongbing (HLB) (Gottwald, 2010), que provoca serias afectaciones a los árboles, así como la calidad y producción de frutos. Las principales estrategias dirigidas hacia *D. citri*, se han centrado en el empleo del manejo integrado de plagas a través de la combinación de métodos químicos, culturales y biológicos (Hall y Albrigo, 2007); sin embargo, este insecto ha desarrollado resistencia a la mayoría de los insecticidas, y por otra parte, se ha demostrado que el uso cotidiano de esos químicos contribuye a la crisis de la agricultura, dificultando la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales, y afectando la salud de las comunidades. Ante la resistencia creciente de *D. citri* a insecticidas químicos y los daños colaterales asociados a su utilización sistemática, el manejo agroecológico surge como una alternativa sustentable. Dentro de esta estrategia, el uso de cubiertas vegetales puede convertirse en un aliado con grandes potencialidades para mantener las poblaciones de este insecto, por debajo de los niveles de daño económico, mediante la conservación de sus enemigos naturales. El objetivo fue analizar los antecedentes y avances sobre el uso de cubiertas vegetales como estrategia agroecológica y el control biológico por conservación en cítricos.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión documental de literatura científica nacional e internacional sobre *D. citri*, el uso de cubiertas vegetales, y su impacto en la fauna auxiliar, suelo y sostenibilidad del agroecosistema citrícola. Se consultaron artículos científicos revisados por pares, informes técnicos, tesis, libros y documentos institucionales con énfasis en los últimos 20 años y realizados en regiones dedicadas a la producción de cítricos en México y el extranjero.

Resultados y discusión

Van Driesche (2007) estableció criterios clave para implementar exitosamente esta estrategia: restauración de atributos ecológicos sin comprometer la productividad y con costos viables para los productores. Las cubiertas vegetales como estrategia de control biológico por conservación, favorecen la actividad microbiológica en el suelo y la presencia de enemigos naturales, sin implicaciones en el aumento de los costos de producción y con gran potencial para reducir insumos externos. Se ha demostrado que, su presencia atrae una gran diversidad de fauna útil de depredadores, al proveerles refugio y alimento (Monzó y Stansly, 2020). La cubierta vegetal como práctica (Figura 1), es útil en la creación de refugios físicos necesarios para los enemigos naturales, la provisión de lugares para que vivan los hospederos alternos, la colocación de plantas con flores que sirvan de fuentes de néctar o la plantación de cultivos de cobertura del suelo entre los surcos del cultivo, para moderar la temperatura y la humedad relativa (Van Driesche, 2007). A su vez, al cubrir el suelo, facilitan el incremento de organismos como nematodos o anélidos, muy útiles para la cadena alimentaria, además de aportar humus al suelo, enriqueciéndolo en materia orgánica. En zonas con cubiertas vegetales de distintas especies se atraen más a los polinizadores.
Esta práctica agroecológica se presenta como una solución a los fuertes impactos sobre el medio ambiente que origina la producción convencional intensiva, sobre todo en áreas que están en transición hacia la producción orgánica; sin embargo, su implementación puede ser muy lenta y representa un proceso complejo donde intervienen muchos factores entre los que se pueden mencionar, la edad, el tamaño del núcleo de la familia, si es hombre o mujer quien está a cargo del área de producción, tamaño del área de producción, tenencia de la tierra y los años de experiencia en las labores agrícolas, entre otros.

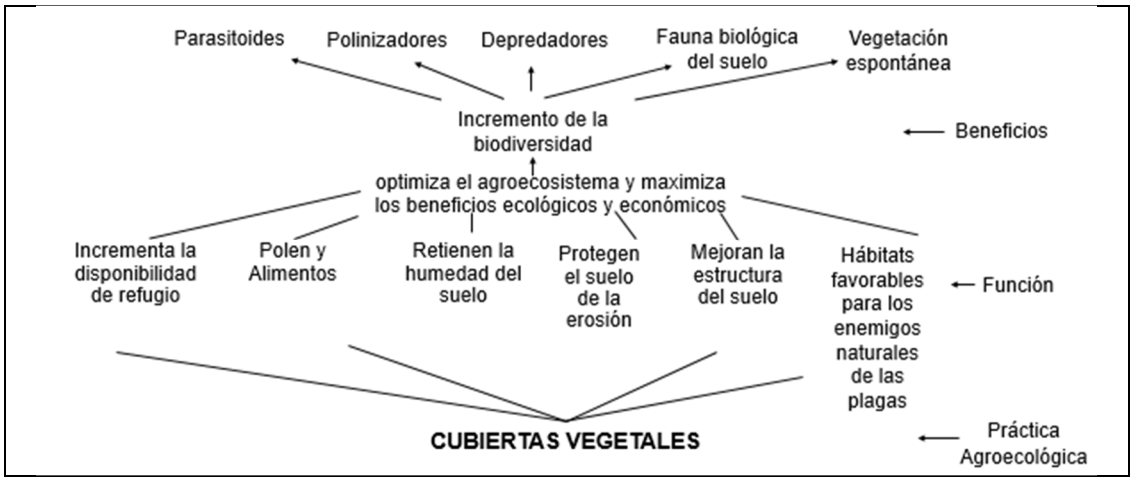


Figura 1. Potencialidades de las cubiertas vegetales como práctica agroecológica en el agroecosistema citrícola. Fuente: elaboración propia.

Otros factores influyentes son: la ausencia del crédito, la aversión al riesgo, la superficie cultivada, la escolaridad, la relación con agentes de cambio y exposición a medios de comunicación, la educación y la percepción de los beneficios y costos asociados (Borges *et al*., 2015); por tanto, es importante señalar que, la implementación de cualquier cambio no es una tarea simple ni suele darse en el corto plazo, dado a que aquellas prácticas consideradas contrarias a disminuir el riesgo son rechazadas por el grupo productor.

El costo de certificación, también es una limitante para algunos pequeños y medianos productores, dificultando el ingreso a los mercados internacionales, fundamentalmente en países que están en desarrollo, dado a que los precios por la certificación no siempre están de acuerdo con la realidad de estos productores, destacándose que, el comportamiento del productor acerca de sus decisiones para la implementación de prácticas, está influenciado por la falta de recursos económicos, de financiamiento, así como creencias, costumbres y tradiciones arraigadas de generación en generación.

Los conocimientos que se han transmitido entre e inter generaciones son la base de la agricultura tradicional en la utilización de técnicas para cultivar diversidad de especies. Con base a ello es importante que los proyectos o estrategias a desarrollar no deben ser contrarias a las prácticas que mayormente los productores acostumbran a realizar en sus parcelas y cultivos, sino fundamentadas con base en su cultura y sus conocimientos tradicionales, para que las prácticas de control a desarrollar sean saludables y en armonía con la protección del entorno.

Sin embargo, en México los estudios que documentan empleo de cubiertas vegetales para potenciar el control biológico por conservación en cítricos, aún son escasos, especialmente en relación con *D. citri*. El éxito de estas prácticas depende también de factores culturales, económicos y sociales de los productores, los cuales deben ser considerados en las estrategias de implementación.

Conclusiones

Las cubiertas vegetales representan una herramienta prometedora dentro del manejo agroecológico de *D. citri* al fomentar el control biológico por conservación. Su implementación adecuada puede contribuir a reducir el uso de insecticidas, conservar enemigos naturales y mejorar la resiliencia de los agroecosistemas citrícolas.

Referencias bibliográficas

Borges, J. A. R., L. Foletto and V. T. Xavier. 2015. An interdisciplinary framework to study farmers decisions on adoption of innovation: insights from expected utility theory and theory of planned behavior. Afr. J. Agric. Res.10(29):2814-2825.

Gottwald, T. R. 2010. Current epidemilogical understanding of citrus Huanglongbing. Anuu. Rev. Phytopathol. 48(1):119-139.

Hall, D. G. and L. G. Albrigo. 2007. Estimating the relative abundance of flush shoots in citrus, with implications on monitoring insects associated with flush. HortSci. 42(2):364-368.

Monzó, C. and P. A. Stansly. 2020. Economic value of conservation biological control for management of the Asian citrus psyllid, vector of citrus Huanglongbing disease. Pest. Manag, Sci. 76(5):1691-1698.

Van Driesche R. 2007. Conservation biological control. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 539 p.

ZONAS AGROECOLÓGICAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO DE AGUACATE HASS EN LA SIERRA DE ZONGOLICA, VERACRUZ

José Luis López-Ayala[1*], Julio Díaz-José[2], Otto Raúl Ovalle-Leyva[2] y Juan Guillermo Cruz-Castillo[3]

[1]Tecnológico Nacional de México campus Zongolica, km 5 Carr. a la Compañía s/n, Tepetlitlanapa, Zongolica, Ver. C.P. 95005.
[2]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Orizaba-Córdoba, Camino Peñuela-Amatlán, s/n, Peñuela, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P. 94945.
[3]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional de Oriente, km 6.5. Carr. Federal Huatusco - Xalapa, Huatusco, Ver., México. C.P. 94100.
*Autor para correspondencia: jose_luis_ayala_114@zongolica.tecnm.mx

Palabras clave: *Expansión agrícola, Análisis geoespacial, Seguridad alimentaria.*

Introducción

La determinación de zonas agroecológicas es importante para el diseño productivo de una región, ya que destina un espacio idóneo ambientalmente para la producción de alimentos, y con ellos, reducir la presión de la frontera agrícola hacia los ecosistemas (FAO, 2018). De igual forma, la consideración del cambio de uso de suelo y vegetación son el referente para conocer las trayectorias de los distintos procesos de cambio que existen en determinado territorio. Las actividades económicas que practican las distintas sociedades del mundo juegan un papel importante en la dinámica de uso de suelo y en el deterioro ambiental (Pérez-Llorente *et al.,* 2019).

Por otra parte, el cultivo de aguacate Hass ha sido un motor de impulso económico en el sector rural, puesto que la producción se exporta a Estados Unidos, Canadá y Japón, y representa una derrama económica importante, en los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit (FIRA, 2024). En este sentido, en el estado de Veracruz, este cultivo ha incursionado en algunos municipios como Calcahualco, Alpatláhuac, Coscomatepec y Huatusco desde hace 30 años. Sin embargo, esta actividad se ha expandido de forma importante en la Sierra de Zongolica en años recientes, promovida en algunos casos por el Programa Sembrando Vida y en otras, por el interés económico. Con la finalidad de apoyar a los productores de la región, se determinaron las zonas agroecológicas potenciales para el aguacate Hass en la Sierra de Zongolica, mediante análisis geoespacial en función de sus requerimientos biofísicos y excluyendo al bosque mesófilo de montaña, como el ecosistema más frágil de la región.

Materiales y métodos

Se obtuvieron los parámetros de las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo del aguacate variedad Hass de diferentes fuentes (Cuadro 1), las cuales después se sintetizaron para obtener una condición general. Posteriormente se obtuvieron los datos vectoriales en coordenadas geográficas (Datum WGS84) de Clima, Temperatura, Precipitación, Curvas de nivel, Tipo de suelo y Uso de suelo y vegetación (serie VI de INEGI) del Geoportal de la Comisión Nacional para la Biodiversidad y Conservación (CONABIO) en sus más recientes ediciones. Se realizó un álgebra de mapas vectoriales en QGIS versión 3.28.9, en cuyas intersecciones coincidentes se fueron generando las zonas agroecológicas óptimas para el cultivo del aguacate variedad Hass, mismas que se sobrepusieron en los municipios de la Sierra de Zongolica.

Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos para el cultivo de aguacate Hass en México.

Requerimiento	Carrillo *et al.* (2024)	Ruiz *et al*. (2013)
Altitud (m)	1,200 - 2,400	800 - 2,500
Suelo	Andosol	Andosol, Vertisol
Temperatura máxima (°C)	22	25
Temperatura mínima (°C)	16	14
Precipitación (mm)	1,200 - 1,800	1,200
Humedad relativa (%)	75 - 80	80

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta el resultado final de las zonas agroecológicas potenciales para el cultivo del aguacate Hass. De manera general, se caracterizan por considerar suelos de tipo Andosol y Luvisol, con pendientes hasta del 35%, topografía de laderas y llanos en las partes bajas de cauces de microcuencas en un rango de 1,200 a 2,200 m de altitud, sin afectación del bosque mesófilo de montaña y en áreas con agricultura presente (maíz, café). Se detectaron tres áreas sobresalientes: al norte, los municipios de San Andrés Tenejapan (en un 90% de su superficie), Magdalena, Tequila y Atlahuilco, al centro, una zona notoria que comparten los municipios de Tlaquilpa, Astacinga, Tehuipango, Mixtla de Altamirano y Texhuacán, que se prolonga en una ladera con exposición noreste hacia Los Reyes y Atlahuilco, y finalmente otra zona que involucra a Mixtla de Altamirano, en colindancia con Zongolica al norte y al sur.

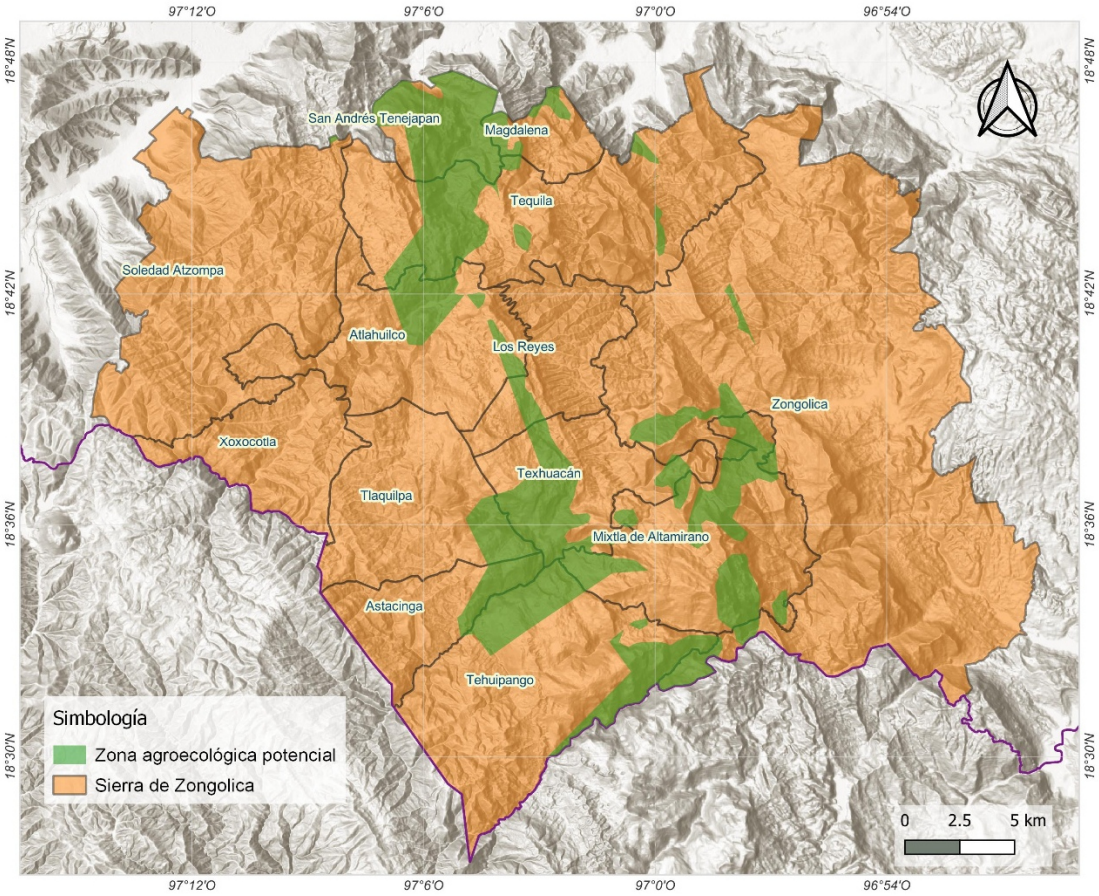


Figura 1. Zonas agroecológicas potenciales para el cultivo de aguacate variedad Hass en la Sierra de Zongolica, Veracruz. Nota: elaborado con datos geoespaciales de CONABIO y los requerimientos ecológicos.

La altitud, características del suelo y temperatura fueron factores determinantes, puesto que, la Sierra de Zongolica se caracteriza por tener terrenos mus escarpados en las zonas templadas, por lo que las pendientes suaves se encuentran en joyas o valles, en los cuales también están presentes los Andosoles y Luvisoles. En este sentido, se concuerda en que los suelos predominantes son Andosoles con altos niveles de materia orgánica (4 a 10%), pH de 5.5 a 6.9, concentración de fósforo de 0.5 a 6 mg/kg, concentración de potasio de 0.5 a 1.5 meq 100/g, concentración de calcio de 3 a 7 meq 100/g, concentración de magnesio de 1 a 4 meq 100/g y bajos niveles de zinc y boro.

Conclusiones

Se obtuvo un mapa con zonas agroecológicas potenciales para aguacate Hass en la Sierra de Zongolica, cuyos parámetros se restringieron por las variables tipo de suelo y exclusión del bosque mesófilo de montaña,

asegurando con esto una propuesta inicial para el cultivo. El acceso a fuentes de información oficial y gratuita en conjunto con programas de cómputo de licencia libre permiten generar mapas que coadyuven a la toma de decisiones del sector agrícola en Veracruz. Es necesario considerar variables socioeconómicas para obtener propuestas más precisas y holísticas.

Referencias bibliográficas

Carrillo, D., B. Schaffer, B. N. Wolstenholme and A. W. Whiley. (eds.). 2024. The avocado: Botany, production and uses. 3rd ed. CABI. Wallinford, Oxfordshire, UK. 688 p.

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2024. Panorama agroalimentario Aguacate. https://www.fira.gob.mx/document/827536112/Panorama-Agroalimentario-Aguacate-2024 [consultado el 12 de mayo de 2025].

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2018. El futuro de la alimentación y la agricultura: Vías alternativas hacia el 2050. Versión resumida. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e2afea45-10be-4cab-a7e2-36508e77461b/content [consultado el 12 de mayo de 2025].

Pérez-Llorente, I., I. Ramírez M., J. Paneque-Gálvez, C. Garibay O. y R. González-López. 2019. Unraveling complex relations between forest-cover change and conflicts through spatial and relational analyses. Ecol. Soc. 24(3):3.

Ruiz, C. J. A., G. Medina G., I. J. González A., H. E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T., K. F. Byerly M. y R. A. Martínez P. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. 2ª ed. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal., México. 564 p.

SUPERVIVENCIA Y DESARROLLO DE ESPECIES FORESTALES A DIFERENTE DISTANCIA ENTRE PLANTAS, EN UN SISTEMA AGROFORESTAL, EN GUERRERO, MÉXICO

Alejandro Sotelo-Aguilar[1]*, Daniel Hernández-Valenzuela[1], José Manuel Castro-Salas[1], Cesáreo Catalán-Heverástico[1], Juan Pereyda-Hernández[1] y Edson Brodeli Figueroa-Pacheco[1]

[1]Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Periférico poniente s/n, frente a la colonia Villa de Guadalupe, Iguala de la Independencia, Gro., México. C.P. 40040
* Autor para correspondencia: alejandro_soteloaguilar@hotmail.com

Palabras clave: *Silvopastoril, Swietenia, Pithecellobium, Leucaena*.

Introducción

Los sistemas agroforestales (SAF) se definen como una forma de uso del suelo, en la que se asocian árboles y arbustos con ganado o cultivos. Estos sistemas representan una alternativa para combatir los problemas de degradación ambiental en el sector agropecuario, mediante la provisión de servicios ambientales, como captura de carbono, conservación de la biodiversidad, alta tasa de reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, aumento de materia orgánica en el suelo y alta producción de biomasa; pueden ser más productivos y sustentables que los monocultivos. La complementación de la actividad ganadera con especies maderables, permite arreglos silvopastoriles como la pastura en callejones: hileras de árboles, entre las cuales se siembran especies forrajeras (pastos o leguminosas) para pastoreo, entre otros. El establecimiento de los SAF enfrenta un primer reto en la sobrevivencia y desarrollo de las especies forestales, ante los efectos climáticos. El objetivo del presente estudio fue determinar la tasa de supervivencia y desarrollo de una especie maderable y dos leguminosas arbóreas, plantadas a diferente distancia entre plantas, en un sistema agroforestal.

Materiales y métodos

Se estableció un SAF con arreglo de pastura en callejones, en la Unidad Tuxpan de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero, localizada en Iguala, Gro., a 760 m de altitud, con coordenadas 18°34´ N y 99°50´ W. El clima del sitio es Aw0 de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, con temperatura media anual de 25.7°C y precipitación media anual de 977.15 mm. En una superficie de 2000 m^2, con tipo de suelo Vertisol, en septiembre de 2023, se estableció una plantación de Caobilla (*Swietenia humilis* Zucc.) en un arreglo de marco real con distancia de 6 x 6 m entre árbol y entre filas, en orientación este-oeste. Entre las caobillas se plantaron árboles de guamúchil [*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth] y guaje rojo [*Leucaena esculenta* (Moc. Et Sessé ex Dc.) Benth] a diferente distancia entre árboles, dentro de cada fila. En la primera línea de caobillas se plantó guamúchil a una distancia de 3 m (un guamúchil entre caobillas), en la segunda línea a 2 m (dos guamúchiles entre caobillas), en la tercera fila se plantó guaje rojo a 2 m (dos guajes entre caobillas) y en la cuarta fila a 1 m (tres guajes entre caobillas). Otras cuatro líneas cortas, de seis caobillas se plantaron repitiendo el diseño mencionado (por la forma del terreno). Con este diseño, se plantaron 64 caobillas, 49 guamúchiles y 53 guajes. Con la finalidad de pastorear ovinos, se sembró el pasto *Brachiaria* híbrido Dunamis © entre los callejones, a una densidad de siembra de 8 kg/ha de semilla pura viable. Se evaluaron las variables: sobrevivencia, en mayo de 2025, al finalizar la época seca, después de año y medio del establecimiento, altura inicial (A0), altura a un año (A1) e incremento de altura (IA), diámetro inicial (D0), diámetro a un año (D1) e incremento de diámetro (ID). La sobrevivencia se analizó con la prueba de Chi cuadrada. Altura y diámetro se analizaron mediante análisis de varianza; ambas pruebas se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 19.0.

Resultados y discusión

La sobrevivencia promedio de *S. humilis* fue de 87%, de *P. dulce* de 72% y de *L. esculenta* de 66.3%. En el Cuadro 1, se observa que la sobrevivencia de los arbolitos (%) por especie y por distancia entre plantas fue alta (superior al 70%) con excepción de *L. esculenta*, cuando se siembra a 1.5 m entre plantas; no obstante, la sobrevivencia de *S. humilis* fue de 89%, cuando se plantó a 1.5 m de distancia entre *L. esculenta*; esto probablemente se debe a la fertilización natural que brindan las leguminosas. Destaca que las plantas de *S. humilis* que se plantaron al final de las líneas y no estuvieron rodeadas de plantas, tuvieron una sobrevivencia del

100%. A pesar de que las plantas estuvieron sometidas al estrés hídrico durante dos épocas de seca (2024 y 2025), la sobrevivencia fue mayor que la reportada en estudios realizados en Chiapas (entre 10 y 70%), en Veracruz (57.7%), después de 11 años y en Morelos (entre 7 y 73%), después de dos años y medio (López-De Buen *et al.*, 2019; Márquez-Torres y Martínez-Garza, 2022).

Cuadro 1. Porcentaje de sobrevivencia de especies forestales, a diferente distancia entre plantas.

Distancia	*S. humilis*	*P. dulce*	*L. esculenta*
Sola	100		
3 metros	80	73	
2 metros	83	71	81
1.5 metros	89		52
Valor P (X^2)	0.5112	0.8446	0.0263

El desarrollo de las plantas de *S. humilis* fue bueno considerando que los arbolitos tuvieron un incremento de altura entre 1.2 y 1.5 m en los 20 meses evaluados, mientras que el incremento del diámetro basal fue desde 1.3 a 2.0 cm, los incrementos de altura y diámetro no mostraron diferencias significativas entre las distancias entre plantas (P = 0.269 y P = 0.813, respectivamente) (Cuadro 2); no obstante, los valores permiten suponer que, *S. humilis* se desarrolla más vigorosa cuando tiene leguminosas a 2 o 1.5 m de distancia. En Nicaragua, en cultivos de las especies maderables *Pachira quinata* Jacq., *S. humilis* y *Cedrela odorata* L., a 3 m de distancia, se observaron valores desde 0.31 a 0.39 m de altura y diámetros desde 2 a 7.53 cm (Sediles, 2010), lo que indica que *S. humilis* tiene un buen desarrollo cuando se asocia con leguminosas arbóreas.

Cuadro 2. Desarrollo de *S. humilis* en diferentes densidades de siembra, asociada con leguminosas arbóreas.

Variables	Sola	3 metros	2 metros	1.5 metros
Altura inicial (m)	0.3 ± 0.01	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02	0.3 ± 0.02
Diámetro inicial (cm)	1.3 ± 0.05	1.3 ± 0.02	1.2 ± 0.03	1.3 ± 0.02
Altura 1 año (m)	1.5 ± 0.24	1.6 ± 0.11	1.8 ± 0.20	1.8 ± 0.16
Diámetro 1 año (cm)	2.7 ± 0.37	2.6 ± 0.22	2.9 ± 0.36	3.4 ± 0.35
Incremento en altura (m)	1.2 ± 0.25	1.2 ± 0.10	1.5 ± 0.22	1.4 ± 0.16
Incremento en diámetro (cm)	1.4 ± 0.35	1.3 ± 0.22	1.6 ± 0.35	2.0 ± 0.37

El crecimiento (incremento) de *P. dulce* no mostró diferencias significativas (P>0.05) en las distancias entre plantas, en esta primera evaluación a 20 meses del establecimiento, cuyo promedio general fue de 0.74 ± 0.54 m de altura y 0.58 ± 0.50 cm; no obstante, los valores indican una tendencia a un incremento de altura (27%) y diámetro (32%) mayor, cuando la distancia entre arbolitos es de 3 m (Cuadro 3). Estos valores son ligeramente inferiores a los observados en Colombia en arbolitos de *P. dulce* a seis meses del establecimiento (Lombo *et al.*, 2022), que tuvieron una altura de 0.27 + 11.57 m y diámetro de 6.6 + 3.14 cm. Por su parte, el crecimiento de *L. esculenta*, no mostró diferencias significativas (P>0.05) en las variables incremento de altura y diámetro (Cuadro 2), cuyo valor promedio fue de 1.33 ± 0.68 m y 3.22 ± 1.55 cm, respectivamente. El crecimiento de *L. esculenta* fue vigoroso, lo que parece consistente con lo observado en plantaciones de esta especie inoculadas con hongos y bacterias (Aguirre-Medina *et al.*, 2015), donde las plantas tuvieron una altura de 19.5 cm en plantas sin inoculación y 27.12 cm en plantas inoculadas. Estos resultados sugieren que las leguminosas arbóreas pueden plantarse en distancias de 1.5 a 2 m entre plantas, sin perder vigor de crecimiento durante los primeros dos años de establecimiento, lo cual incrementa la densidad de plantas por hectárea y con ello los beneficios ambientales, propios de los árboles y la producción de forraje para los sistemas silvopastoriles.

Cuadro 3. Desarrollo de *P. dulce* y *L. esculenta*, en diferentes densidades de siembra, asociadas con *S. humilis.*

	P. dulce		*L. esculenta*	
Variables	3 metros	2 metros	2 metros	1.5 metros
Altura inicial (m)	0.68 ± 0.03	0.68 ± 0.036	0.82 ± 0.04	0.79 ± 0.03
Diámetro inicial (cm)	1.65 ± 0.09	1.63 ± 0.06	0.97 ± 0.02	0.94 ± 0.03
Altura 1 año (m)	1.52 ± 0.15	1.30 ± 0.09	2.05 ± 0.12	2.24 ± 0.13
Diámetro 1 año (cm)	2.33 ± 0.22	2.09 ± 0.12	3.80 ± 0.26	4.63 ± 0.34
Incremento en altura (m)	0.86 ± 0.15	0.63 ± 0.09	1.22 ± 0.13	1.45 ± 0.14
Incremento en diámetro (cm)	0.68 ± 0.18	0.46 ± 0.09	2.82 ± 0.27	3.68 ± 0.35

Conclusiones

El establecimiento de especies maderables, combinado con leguminosas forrajeras arbóreas, permite aumentar la densidad de plantas por hectárea, cuando se plantan los arbolitos entre 3 y 2 m de distancia entre plantas; en estas distancias, la sobrevivencia de las plantas es superior al 70%, pero se ve comprometida con distancias de 1.5 m. Cuando las plantas logran sobrevivir, las distancias de 1.5 y 2 m entre *L. esculenta* y *S. humilis* tienen un crecimiento adecuado en altura y diámetro. Igualmente, *P. dulce*, asociado con *S. humilis*, tiene un buen desarrollo en distancias de 2 y 3 m.

Referencias bibliográficas

Aguirre-Medina, J. F., A., Ley-De Coss, M. E. Velazco-Zebadúa y J. F. Aguirre-Cadena. 2015. Crecimiento de *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit inoculada con hongo micorrízico y bacteria fijadora de nitrógeno en vivero. Quehacer Científico en Chiapas 10(1):15-22.

Lombo, O. D. F., J. A. Arias R., M. Rivera R., A. D. Caballero L., C. V. Rúa B. y C. C. Hernández M. 2022. Crecimiento y desarrollo inicial de arbóreas nativas en un arreglo silvopastoril en La Guajira, Colombia. Livestock Res. Rural Dev. 34(11).

López-De Buen L., E. Aquino-Rodríguez, Y. Maciel-Pérez, C. C. Ahuja-Aguirre y Castillo-Tlapa, R. 2019. Sobrevivencia de árboles nativos tropicales en un módulo silvopastoril en Veracruz, México. Agrociencia 53(7): 969-986.

Márquez-Torres, J. F. y C. Martínez-Garza. 2022. Supervivencia de 12 especies de árboles nativos en plantaciones de restauración en la selva estacionalmente seca. Bot. Sci. 100(2):314-330.

Sediles, P. G. A. 2010. Evaluación del establecimiento de tres especies forestales de valor comercial (*Pachira quinata* Jacq, *Swietenia humilis* Zucc y *Cedrela odorata* L) bajo diferentes niveles de cobertura como una medida de enriquecimiento del bosque seco secundario de Nandaime, Granada. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua. 38 p.

INFLUENCIA DE LA COMUNICACIÓN EN LA CONTINUIDAD DEL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN CUNDUACÁN, TABASCO, MÉXICO

Vania Cruz-Palacios[1*], Juan Pablo Martínez-Dávila[1], Víctor Córdova-Ávalos[2], Diego Esteban Rosado-Platas[1] y Gustavo López-Romero[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, km 88.5 Carr. Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, municipio de Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. C.P. 91690
[2]Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, km 3 Carr. Cárdenas-Huimanguillo, Periférico Carlos A. Molina s/n, Cárdenas, Tab., México. C.P. 86500
*Autora para correspondencia: cruz.vania@colpos.mx

Palabras clave: *Reproducción social, Autopoiesis, Irritaciones, Sistema social.*

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un producto agrícola con alta demanda a nivel global en la industria alimenticia; de acuerdo con datos del CBI (2025), en 2024 el mercado global del cacao en grano generó un flujo de 17,200 millones de dólares, y según previsiones, para 2029 llegará a los 24,000 millones de dólares. En nuestro país, es uno de los 38 cultivos estratégicos del campo mexicano, que, por su relevancia en la canasta básica, es clave para garantizar la seguridad alimentaria nacional. Como parte de las acciones gubernamentales de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, se promueve el establecimiento de nuevas plantaciones en cuatro regiones estratégicas, para maximizar su producción (SAGARPA, 2017). Esto representa una oportunidad para aplicar estrategias efectivas de las comunidades históricamente cacaoteras, como las de Tabasco: el principal productor nacional. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la comunicación entre los cacaocultores y su entorno social, en la continuidad del cultivo de cacao. Empleando la conceptualización de agroecosistema de Casanova *et al*. (2015), bajo la perspectiva de la Teoría de los Sistemas Sociales (TSS) de Luhmann (1986), en el agroecosistema cacao convergen tres sistemas autopoiéticos: el psíquico (el productor *per se*, que reproduce sus pensamientos), y en el entorno, el biológico (que reproduce células) anclado al medio físico, y el sistema social (cada uno de los grupos de personas con los que el productor se comunica). La información transmitida por otras personas, genera lo que bajo la TSS se conoce como “irritaciones”. A través de la comunicación, el productor recibe información que provoca pensamientos y acciones, que se traducen en la toma de decisiones del manejo del cacaotal (por ejemplo: tiempo de poda, cosecha, técnicas y materiales empleados). Así comunicadas, estas irritaciones van abonando a un espacio semántico que va formando la matriz cultural del sistema social. En este caso, la tematización de información alusiva al cultivo de cacao, se va enlazando a través del tiempo, generando el acervo cultural de la práctica cacaotera local como costumbres y tradiciones, que inclusive se pueden convertir en leyes. La comunicación entre el productor (*ego*) y otros entes psíquicos (*alter*) que participan en la cadena productiva de cacao (proveedores, compradores, otros productores, asesores, etc.) de la que forma parte el productor, es lo que generará la reproducción del sistema social denominado “agroecosistema con cacao”, y que permitirá la continuidad de la actividad cacaotera.

Materiales y métodos

De acuerdo al ensamblaje teórico, el sistema social superior definido fue el Sistema Agrícola Regional, y la unidad de estudio el agroecosistema con cacao. El sujeto de estudio fue el productor de cacao, quien decide el manejo del cacaotal, y que, a través de la comunicación con otros sistemas de conciencia es responsable de la continuidad de la actividad cacaotera local. Se empleó la encuesta no estadística como técnica de recolección de datos, y el instrumento de medición fue un cuestionario de preguntas abiertas y estructuradas. La población muestreada fueron 35 productores de cacao de la ranchería Miahuatlán 2ª secc., en Cunduacán, Tabasco. Las personas que forman parte del entorno del productor, y que al comunicarse con él generan irritaciones comunicativas, se clasificaron en once distintos sistemas de conciencia, y se organizaron en cuatro grupos, considerando dos criterios y las combinaciones entre éstos: parentesco con el productor y relación con el sector cacaotero (Cuadro 1). La escala de valor de la información proporcionada al productor para cada sistema de conciencia fue de 1 = muy importante, 0.75 = importante, 0.5 = medio importante, 0.25 = poco importante, a 0 = no importante. Para elaborar un Índice de Irritaciones, se obtuvo un valor ponderado de cada grupo. Éste se empleó en un análisis factorial, entre cuatro componentes, cada uno correspondiente a un grupo. A partir del

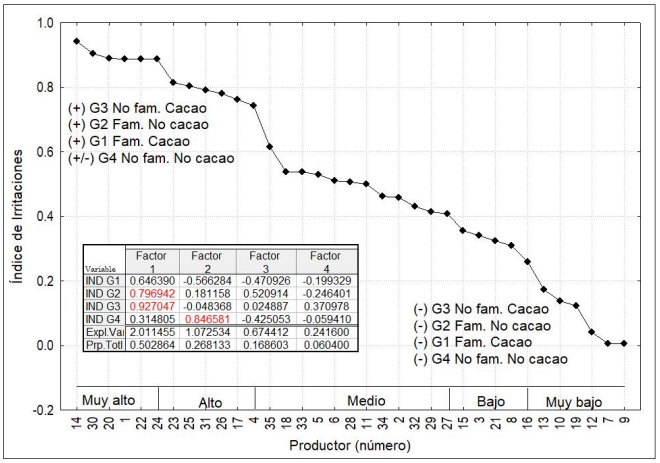
Índice de Irritaciones se clasificó a los productores en cinco categorías. Se realizó un análisis de correlación entre el Índice de Irritaciones y los años de propiedad del cacaotal, para comparar la relación entre la experiencia en el manejo del cacaotal y la valoración del productor a la información procedente de otros sistemas de conciencia del entorno.

Cuadro 1. Clasificación de sistemas de conciencia generadores de irritaciones comunicativas en el productor de cacao.

Parentesco / Relación al sector	Relacionado	No relacionado
Integrante de la familia	Grupo I 1) Cónyuge, 2) Familiar más joven y 3) Familiar más viejo -con cacao	Grupo II 4) Familiar no productor de cacao
No miembro de la familia	Grupo III 5) Cacaotero no familiar, 6) Comprador, 7) Vendedor de insumos, asesor 8) De gobierno o 9) Privado, 10) Investigador	Grupo IV 11) Ladrón de cacao

Resultados y discusión

La Figura 1 presenta en orden descendente el Índice de Irritaciones obtenido para la muestra de 35 productores.



Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
IND G1	0.646390	-0.566284	-0.470926	-0.199329
IND G2	0.796942	0.181158	0.520914	-0.246401
IND G3	0.927047	-0.048368	0.024887	0.370978
IND G4	0.314805	0.846581	-0.425053	-0.059410
Expl.Val	2.011455	1.072534	0.674412	0.241600
Prp.Totl	0.502864	0.268133	0.168603	0.060400

Figura 1. Índice de Irritaciones por productor, en orden descendente.

Existió una correspondencia positiva entre valores más altos del Índice y los cuatro grupos, siendo el Grupo III el de mayor diferencia. A valores más altos, los productores expresaron mayor disposición a escuchar a cualquier persona. A menor valor, fueron más selectivos. La categoría Medio concentró el 34% de productores (12), quienes consideran más importante la información proporcionada por familiares cacaoteros de mayor edad y el cónyuge, seguida de la procedente de otros cacaoteros, asesores técnicos e investigadores, y que consideraron menos importante la información proporcionada por personas ajenas a su núcleo familiar o no vinculadas al cultivo de cacao. El 82% de los productores consideró como mejor valorada la información procedente de otros familiares cacaoteros, y para el 100%, aquella procedente de cualquier cacaotero sin excepción, incluso por encima del cónyuge. El Grupo I (familiares con cacao) fue el que tuvo mayor influencia en la comunicación de ideas: interpretándose que la experiencia combinada con el parentesco, fue el componente con mayor valoración de comunicación. El análisis de correlación entre el Índice de Irritaciones y los años de propiedad del cacaotal arrojaron una correlación moderada negativa (rv = -0.3414) entre las variables (Figura 2), en la cual, los productores con menor tiempo de propiedad, presentaron valores más altos del Índice, mientras que los propietarios de mayor antigüedad obtuvieron los Índices más bajos. Ello representa que los cacaoteros menos experimentados se encontraron más dispuestos a intercambiar información con cualquier persona que les hablase

acerca del cultivo de cacao. Por el contrario, productores con más años de propiedad y por ende de experiencia, mostraron la menor disposición a escuchar a otras personas. Al no haber alguien con mayor experiencia que ellos, consideraron relevante sólo la información de otros cacaoteros o la del cónyuge.

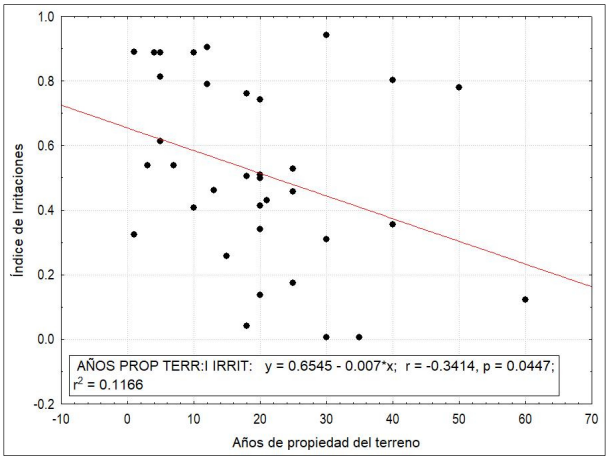


Figura 2. Correlación entre el Índice de Irritaciones y los años de propiedad del cacaotal.

Conclusiones

La comunicación entre los productores de cacao se realiza transversalmente, teniendo mayor influencia y valoración la información que procede de los productores de mayor edad. Todos los productores valoran la información de otros compañeros, lo que permite la continuidad de la actividad y de los conocimientos asociados a ésta. La experiencia es el elemento de mayor importancia comunicativa, y en combinación con los lazos de parentesco, pueden apoyar la continuidad de la actividad al tener resonancia entre el gremio cacaotero, especialmente entre los productores jóvenes, quienes juzgan relevante la información de cualquier fuente. Esta es un área de oportunidad para que las políticas públicas ofrezcan plataformas de divulgación en las que las generaciones mayores compartan sus conocimientos a los productores establecidos y potenciales, y a las nuevas generaciones. En comunidades con un tejido social fuerte, el vínculo familiar puede facilitar la aceptación de nuevas prácticas, incluso en las generaciones de mayor edad, apoyando los proyectos de transferencia tecnológica.

Referencias bibliográficas

Casanova-Pérez, L., J. P. Martínez-Dávila, S. López-Ortiz, C. Landeros-Sánchez, G. López-Romero y B. Peña-Olvera. 2015. El agroecosistema comprendido desde la teoría de sistemas sociales autopoiéticos. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 6(4):855-865.

CBI (Centrum tot Bevordering van de Import uit ontwikkelingslanden). 2025. What is the demand for cocoa on the European market? https://www-cbi-eu.translate.goog/market-information/cocoa/what-demand?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=rq [consultado el 26 de marzo de 2025].

Luhmann, N. 1986. The autopoiesis of social systems. Journal of Sociocybernetics 6:84-95.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Cacao Mexicano. SAGARPA. Ciudad de México. 16 p.

Fuente financiadora

Beca de Posgrado Nacional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

SOCIOECONOMÍA Y DESARROLLO RURAL

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

USO DE HERBICIDAS Y TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA EN BENEFICIARIOS DEL PROGRAMA SEMBRANDO VIDA EN COSAMALOAPAN, VERACRUZ

Julio Vilaboa-Arróniz[1*], Jorge Aguilar-Ávila[1], Enrique Genaro Martínez-González[1] y Adán Vidal-Gamboa[2]

[1]Centro de Estudios Económicos, Sociales y Tecnológicos de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)-Universidad Autónoma Chapingo. Apdo. Post. Núm. 90, Carretera Federal México-Texcoco km. 38.5, Universidad Autónoma de Chapingo, 56227 El Cooperativo, Méx.
[2]Tecnológico Nacional de México (TecNM) Campus Cosamaloapan. Av. Tecnológico S/N, Col. Los Ángeles, C.P. 95400, Cosamaloapan, Ver. A.P. 45.
Autor de correspondencia. julio.vilaboa@ciestaam.edu.mx

Palabras clave: *Cohesión social, SAF, MIAF, Glifosato.*

Introducción

La agricultura mexicana se ha vuelto dependiente de agroquímicos y plaguicidas para la producción de alimentos tanto para el consumo interno como de exportación (Salazar *et al*., 2011). Su aplicación se intensificó con la Revolución Verde (1960) y, su regulación inició 28 años después con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA/1988), (INECC, 2022). Actualmente se comercializan más de 3,000 plaguicidas, con poco más de 300 marcas comerciales de herbicidas siendo el glifosato el más utilizado (Statista, 2024), a pesar de la controversia entre defensores y detractores sobre sus efectos en lo productivo y económico (positivos) versus la salud y el ambiente (negativos).

El Programa Sembrando Vida (PSV), es un programa del Gobierno Federal, que inició en 2019 como estrategia para reactivar el campo, combatir la pobreza y lograr la autosuficiencia alimentaria mediante sistemas agroforestales (SAF), milpa intercalada con frutales (MIAF) y otras prácticas agroecológicas. Para 2024, operaba en 24 estados con más de 18,500 Comunidades de Aprendizaje Campesina (CAC) qué es la base organizativa de los productores en el programa, generando más de 438,000 empleos. Los beneficiarios acceden a un apoyo económico, insumos, y acompañamiento técnico tanto en lo productivo como en los social. A nivel nacional, se estima que el 33% de los sujetos de derecho no utilizan productos químicos, y el 67% está en proceso hacia la transición agroecológica (Secretaría del Bienestar, 2024).

El municipio de Cosamaloapan se ubica en la cuenca baja del Papaloapan, Veracruz; su principal actividad agrícola se centra en la caña de azúcar y enfrenta problemáticas como altos costos de producción, pérdida de fertilidad del suelo y envejecimiento de los productores. En este municipio, el PSV inició en 2019, y en 2024 contaba con 276 beneficiarios en ocho CAC (Gobierno del Estado de Veracruz, 2024).

La investigación se orientó a responder preguntas relacionadas con el tipo y forma de uso de herbicidas, la percepción sobre el impacto en la salud y el medio ambiente, la disposición hacia alternativas agroecológicas y los factores que inciden en su adopción. La hipótesis planteada es que existe una transición agroecológica entre los beneficiarios del programa, pero que enfrentan barreras sociales, técnicas y productivas.

El objetivo fue conocer el nivel de uso, conocimiento y percepción sobre el glifosato y otros herbicidas, así como identificar las alternativas aplicadas en el marco del programa. Este análisis busca aportar evidencia sobre los avances y retos hacia una agricultura más sustentable en contextos rurales del trópico mexicano.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Cosamaloapan, Veracruz (18° 08’ N y 95° 46’ O), localizado en la cuenca baja del Papaloapan. Su clima es cálido húmedo con una temperatura promedio de 25º C, una altitud de 10 msnm, una precipitación anual entre 1,400 y 2,100 mm y una superficie de 519.1 km². En el municipio hay ocho Comunidades de Aprendizaje Campesina (CAC) del Programa Sembrando Vida (PSV), distribuidas en las localidades de San Francisco Oyozontle, Nopaltepec, Gloria de Coapa, San Antonio Texas, El Mirador y Las Peñitas.

A partir del padrón oficial de beneficiarios del PSV (2024) en Cosamaloapan (N=276), se determinó una muestra aleatoria de 80 productores, con base en un nivel de confianza del 90 % y un margen de error del 8 %. La muestra se estratificó equitativamente entre los ocho CAC. La captura de la información se realizó en el primer cuatrimestre

de 2025 mediante entrevistas semiestructuradas, coordinadas con el calendario de reuniones comunitarias establecido en las reglas de operación del programa.
La encuesta incluyó variables sociales (edad, escolaridad, antigüedad como productor, entre otras), productivas (tipo de tenencia, superficie, sistemas y cultivos en sus unidades de producción, entre otras), y técnicas (manejo de malezas, uso de herbicidas, ingredientes activos, conocimiento de restricciones y dosis aplicadas). Además, se exploró la percepción sobre los efectos del glifosato y otros herbicidas en la salud y el medio ambiente, la disposición hacia prácticas agroecológicas y los principales retos enfrentados para el control de malezas sin agroquímicos. El trabajo de campo se llevó a cabo previa autorización y vinculación institucional con técnicos y coordinadores del programa. Los datos fueron procesados y analizados mediante el programa de Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS, por sus siglas en inglés) y herramientas de inteligencia artificial.

Resultados y discusión

Del total de beneficiarios en el municipio de Cosamaloapan, el 51% sí estableció MIAF y el 49% continúa estableciéndolo; los patrones más comunes fueron maíz–frijol (milpa básica), maíz–frijol–chile (tradicional) y combinaciones con calabaza. Con relación a los frutales, el 93% de los productores tienen combinaciones de dos a cinco especies, siendo las más frecuentes limón (principal frutal presente en más del 50% de la superficie), coco, guanábana, plátano y mango. Casi la totalidad de los productores cuentan con SAF representadas por roble, caoba y cedro que sugieren un enfoque mixto de producción y restauración agroecológica. En cuanto a cultivos agroindustriales, el achiote es el más importante, presente en combinaciones tanto de monocultivo como de policultivos con dos y tres especies (con pimienta, canela y/o nuez). Los viveros comunitarios cuentan con una diversidad de entre cinco y ocho especies, con presencia del cilantro, guanábana, achiote, pepino y especies forestales como roble. Las biofábricas de las ocho CAC producen insumos agroecológicos como biol, bocashi, composta, y en menor medida foliares, caldo sulfocálcico y supermagro. Estas prácticas se vinculan con estrategias de manejo sanitario y nutricional en las parcelas.

Cuadro 1. Principales características de los sistemas milpa, frutales y agroforestales en el Programa Sembrando Vida en el Municipio de Cosamaloapan, Veracruz (2025).

Sistema	Patrones comunes	Especies dominantes	Observación
Milpa	Policultivos 2-3 especies	Maíz, fríjol, chile	Estructura tradicional mesoamericana
Frutales	2-5 especies	Limón, guanábana, coco Plátano, mango	Diversificación centrada en cítricos
Maderables	1-4 especies	Roble, caoba, cedro	Restauración y producción mixta
Agroindustriales	1-3 especies	Achiote, pimienta, canela	Cultivo eje (achiote)

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la IA.

En cuanto al uso de herbicidas, la totalidad de los productores utilizan algún tipo de herbicida en sus unidades de producción. Los principales herbicidas con marcas comerciales encontrados fueron Paraquat, Herbipol, Diurón, Cerillo, Amina Fuerte y Faena. No obstante, cabe destacar que su uso se ha reducido en más de un 60% desde su incursión en el programa. Todos los entrevistados reconocen la afectación del uso y/o mala aplicación de los herbicidas tanto en la salud como en el medio ambiente relacionando principalmente a cáncer, problemas de intoxicación; así como en la contaminación del suelo, agua y resistencia. Se encontró una alta disposición a conocer e implementar alternativas para reducir y/o sustituir el uso de herbicidas. Las estrategias que actualmente utilizan para el control de malezas fueron: deshierbe manual, uso de desbrozadora, aplicación focalizada de herbicidas, colocación de malla sombra y siembra de pastos rastreros como cobertura. Consideran que es necesario apoyo económico para la implementación y adecuación de estrategias y la disponibilidad de productos biológicos en el mercado. La evidencia apunta a que los productores se encuentran en una etapa de transición agroecológica considerando que tienen un periodo muy corto en el programa (seis años). Los resultados coinciden con Morales *et al.,* (2024), quien documenta la importancia de la capacitación y asesoría técnica para una disminución progresiva del uso de herbicidas; de igual forma, la percepción de los efectos negativos sobre la salud y el ambiente, así como la disposición a implementar alternativas, se alinea Pérez *et al*. (2024) con relación a que los cambios hacia prácticas agroecológicas están relacionadas al reconocimiento de riesgos ambientales

y sanitarios por parte de los productores; sin embargo, como menciona Arellano (2017), estos avances suelen estar limitados por la falta de acceso a insumos biológicos de manera comercial en escala igual que los químicos, lo cual se refleja en la demanda de apoyos económicos y disponibilidad de productos alternativos.

Conclusiones

La investigación confirma una práctica generalizada en el uso de herbicidas, aunque con una clara disminución y apertura a prácticas agroecológicas. La alta percepción de los riesgos asociados, junto con la implementación de estrategias alternativas, indican que están en proceso de transición agroecológica en marcha. Sin embargo, este avance depende en gran medida del acceso a insumos biológicos y apoyo técnico. Apuntalar una verdadera transformación requiere reforzar el acompañamiento institucional del programa.

Referencias bibliográficas

Arellano, G., Martínez, E. y Rivera, P. 2017. Obstáculos y potencialidades para la transición agroecológica en sistemas campesinos de México. Oaxaca: Universidad Autónoma de Chapingo / CECCAM.

Morales, J. Ángel M., Esquer, L. M. T., Ayala, J. A. C., Cota, F. I. P. y Gracia, A. B. 2024. Evaluación de coberteras y herbicidas orgánicos para el manejo de maleza en el valle del Yaqui, Sonora, México. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 7(3), e71886. https://doi.org/10.34188/bjaerv7n3-047.

Pérez, L., Ramírez, J. y Gómez, A. 2024. Transiciones agroecológicas en sistemas campesinos del sureste mexicano: Avances y desafíos. Revista Mexicana de Agroecología, 15(2), 45–62.

Salazar L., N. J. y Aldana M., M. L. 2011. Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. Biotecnia, vol. 13, núm. 2, 2011, pp. 23-28. Universidad de Sonora.

Secretaría del Bienestar. 2024. Informe de resultados del seguimiento físico y operativo del Programa Sembrando Vida 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/901329/InformeSFyOPSV2023.pdf

Agradecimientos

A las Comunidades de Aprendizaje Campesina (CAC). Sembrando Oxígeno, El Jobo, Chinantecos, Los Texanos, Sembradores de la Laguna, Sembradores Unidos del Papaloapan, Rancho Nuevo y Las Peñitas. A los Técnicos Productivo y Social, al Facilitador Local en el municipio de Cosamaloapan, al Coordinador Regional y a la Representación Estatal del Programa Sembrando Vida en el estado de Veracruz.

Fuente financiadora

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

PARCELAS DEMOSTRATIVAS: PROMOVIENDO LA AGROECOLOGÍA EN EL NORTE DE VERACRUZ Y NORESTE DE PUEBLA

Manuel Ángel Gómez-Cruz[1*], Laura Gómez-Tovar[2], José Alberto Barrera-González[3] y Rosa Gloria García- Bautista[3]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Chapingo, Edo. de México, México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Agroecología, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Chapingo, Edo. de México, México.
[3]Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Chapingo, Edo. de México, México.
* Autor para correspondencia: magomezcruz@live.com

Palabras clave: *Naranja valencia, Transición agroecológica, Planes de manejo, Escalamiento agroecológico.*

Introducción

Durante el periodo 2022-2024, el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), como responsable, y el CIIDRI de la Universidad Autónoma Chapingo (UACh), como corresponsable, encabezaron tres proyectos financiados por el CONAHCYT (CONAHCYT-CIIDRI-UACh, 2024) para la sustitución del glifosato en el norte de Veracruz y noreste de Puebla promoviendo la transición agroecológica en naranja valencia y cultivos asociados. Una de las estrategias más importante fue la de utilizar parcelas demostrativas (FAO, 2017), ubicándolas con los productores con mayor interés y sensibilizados, cuya finalidad era demostrar a los vecinos los resultados favorables en la producción de naranja al utilizar el plan de manejo agroecológico propuesto por el proyecto que incluye, análisis de suelo, plan de nutrición agroecológico acorde a los requerimientos del resultado del análisis, manejo de arvenses, coberturas vivas, realización de podas, y manejo ecológico de plagas y enfermedades. El objetivo de la investigación consiste en mostrar la importancia que toman las parcelas demostrativas para apoyar el proceso de transición agroecológica en naranja valencia y cultivos asociados en Veracruz y Puebla.

Materiales y métodos

Los participantes en los proyectos representan a 3,632 citricultores de un total de 10,300 sensibilizados (23% mujeres y 48% personas provenientes de pueblos originarios), quienes fueron seleccionados posterior a la verificación de huertas bajo el criterio de eco-condicionalidad: aceptar participar sin utilizar herbicidas con el 20% de su superficie, implementar una práctica agroecológica (de un listado de 25) y cultivar una leguminosa, a cambio serían atendidos “mano a mano” por 38 técnicos comunitarios y agroecológicos para la instrumentación de la correcta instrumentación de prácticas agroecológicas en las huertas. Cada parcela demostrativa tiene una superficie de una hectárea y se utilizó como testigo la parcela vecina.

Del total de huertas atendidas, se seleccionaron 600 parcelas demostrativas para mostrar la causa/efecto de la aplicación de prácticas agroecológicas, implementadas de forma correcta y oportuna. Se aplicaron 35 planes de manejo adaptados a las condiciones económicas y ambientales particulares de la región. Un plan de manejo agroecológico es una herramienta de planeación, define las principales prácticas agroecológicas a desarrollar en cada una de las 600 parcelas demostrativas de naranja valencia, así como de cultivos asociados. Estas prácticas se realizan acorde al diagnóstico histórico productivo de los últimos tres años, donde los árboles se encontraban defoliados, el follaje existente era de color amarillo y, en casos extremos, se dio la muerte de árboles. Esta sintomatología fue producto de la presencia del huracán Grace, en agosto del 2021, y en 2022, una sequía prolongada, aunada a la infección del HLB detectada en campo, dieron como resultado la muerte del sistema de raíces de los árboles, lo que debilitó considerablemente las plantaciones, con ello, se generó el plan de manejo mínimo para la región. El plan contiene: 1. Fechas aproximadas para realizar cada actividad durante el año, 2. Régimen de precipitaciones (las huertas no disponen de sistemas de riego), 3. Humedad en el suelo, 4. Aspectos climatológicos, 5. Fenología de la naranja, como principal cultivo, y de los otros cultivos, 6. Manejo de arvenses, 7. Manejo de podas, 8. Ciclos de plagas y enfermedades, 9. Apoyos nutricionales, 10. Disponibilidad económica y 11. Conocimientos, habilidades y factor cultural de los productores y productoras. Los aspectos claves son el 7, 9, 10 y 11. En la fenología del cultivo se consideraron las fechas de brotaciones vegetativas, floraciones al año,

desarrollo del fruto y desarrollo de crecimiento de nuevas raíces. Una herramienta clave fue el análisis de suelo que permitió mejorar el plan de nutrición, para corregir las deficiencias de macronutrientes y micronutrientes (Zinc, Fierro y Molibdeno, entre otros). Esta corrección se llevó a cabo incorporando dichos nutrientes en la preparación de los bioinsumos (magro, super magro, etc) según las deficiencias de cada huerta. Los cálculos se obtuvieron a partir de una tabla de frecuencia aritmética (Excel).

Resultados y discusión

Hubo un trabajo arduo de capacitación, sensibilización y acompañamiento técnico que propició condiciones favorables con el trabajo de los productores permitiendo identificar 90 combinaciones de prácticas para manejo de arvenses, 49 en coberturas de leguminosas, 79 en nutrición y 43 en el manejo de plagas y enfermedades. En manejo de arvenses, 67 por ciento de los productores, hoy en día, hacen uso de la desbrozadora como elemento clave, seguido de machete (14.83%), azadón (13%) y tractor con rastra (10.83%) y la utilización de leguminosas como coberturas vivas (100%). La sumatoria no corresponde el 100% porque un productor utiliza más de una práctica y las señaladas son las más frecuentes.

En todos los casos, existe el manejo de coberturas vegetales con las cinco leguminosas propuestas por el proyecto: soya forrajera (*Neonotonia wightii*), mucuna (*Mucuna pruriens*), frijol gandul (*Cajanus cajan*), crotalaria (*Crotalaria juncea*), canavalia (*Canavalia ensiformes*), y se han sumado el uso de leguminosas locales y la siembra de frijol para alimento de los integrantes de la unidad productiva. La frecuencia de cada leguminosa en las 600 parcelas denota una preferencia por la soya forrajera (63.17%), seguido por mucuna (47.50%), frijol gandul (35.83%), crotalaria (33.50%) y leguminosas locales, *Phaseolus spp,* (9.67%) de un total de 49 combinaciones de siembra de leguminosas. La superficie promedio es de 1,900 m^2 por productor.

Para la nutrición se usaron 17 bioinsumos agroecológicos: 1. Super magro (foliar) (46.43%); 2. Agua de vidrio (foliar) (37.04%); 3. Microorganismos de montaña “MM” (foliar) (33.91%); 4. Magro (foliar) (31.65%), y 5. Microorganismos de montaña “MM” (suelo) (10.26%), entre otros (lixiviados de lombriz, biosangre, silicio, microelementos, composta, bambubiol y aminoácidos). El super magro se aplicó en 267 parcelas; el agua de vidrio en 213; microorganismos de montaña vía foliar en 195; magro simple en 182, y microorganismos de montaña aplicados al suelo como inoculante microbiológico en 59 y otros insumos en 113 parcelas. Estos resultados muestran la impresionante adopción de una gran diversidad de bioinsumos agroecológicos sobretodo super magro, agua de vidrio y MM que a la larga podría puede significar un cambio importante en incrementar la productividad de naranja valencia y cultivos asociados en el norte de Veracruz y noreste de Puebla, siendo un ejemplo de escalamiento agroecológico.

Para el control ecológico de plagas y enfermedades, las de mayor uso en las parcelas, fueron: 1. Agua de vidrio (76.06%); 2. Caldo ceniza (60.23%); 3. Caldo sulfocálcico (46.14%); 4. MM líquidos (35.14%); 5. Poda (17.95%); 6. EM (microorganismos efectivos) líquidos (14.67%); 7. Silicio (12.93%); 8. Pasta sulfocálcica (9.65%), y 9. Extractos vegetales (9.46%).

La respuesta a la transición agroecológica por parte de los productores es continua, sin embargo, debe comentarse que en los últimos seis meses después de que concluyeron los proyectos se han presentado una serie de cambios que se caracterizan por lo siguiente: 1. Las parcelas demostrativas han dejado de seguir al 100% el plan de manejo propuesto. 2. Los productores solicitan la continuación del acompañamiento técnico, que a la fecha queda pendiente. 3. La participación de las parcelas demostrativas en la transición agroecológica, se puede clasificar en tres grupos: el grupo vinculado a productores líderes (20% del total de parcelas demostrativas), el grupo intermedio que sigue trabajando, pero no al 100% (40% del total) y el grupo que está a la expectativa de un nuevo proyecto y/o que ha suspendido los trabajos (40%). 4. La explicación a esta situación se relaciona con una prolongada sequía en los últimos años, productores que se retiran cuando ya no está dando seguimiento el técnico, los bajos precios al productor en los últimos 3 ciclos, y que hay productores no comprometidos con el proyecto.

Los resultados de la experiencia de la utilización de la estrategia de las parcelas demostrativas utilizada en los proyectos CONAHCYT en el norte de Veracruz y noreste de Puebla presenta grandes diferencias con otros programas similares como el GGAVATT del INIFAP (Navarro *et al*., 2018), la promoción de micorrizas por la SAGARPA (Gaceta Parlamentaria, 2018), y como el actual programa Sembrando Vida (De Ita, 2022), donde por un lado, por problemas de falta de acompañamiento técnico o de compromiso social de los técnicos, falta de continuidad en las políticas públicas sexenales o porque el seguimiento a los planteamientos iniciales de los programas no se cumplen. En cualquier programa juega un papel primordial el proceso de sensibilización, el trabajo de compromiso de acompañamiento mano a mano técnico-productor y la continuidad en la contratación de los técnicos.

Conclusiones

Las parcelas demostrativas son una estrategia importante que contribuyen a la transición agroecológica de la producción de naranja y otros cultivos asociados sin uso de glifosato y agroquímicos. Los resultados del uso de prácticas agroecológicas en las parcelas demostrativas permitieron su adopción en forma significativa por parte de los productores participantes.

La estrategia de parcelas demostrativas no ha continuado como originalmente se planteó principalmente porque no existió una continuación del proyecto al cambio de gobierno y, por otro lado, la situación económica desfavorable en la región ha afectado su desarrollo por el cambio climático y los precios bajos.

Referencias bibligráficas

CONAHCYT-CIIDRI-UACh. 2024. Manejo agroecológico para la sustitución de glifosato y otros agrotóxicos en naranja valencia, cítricos y sus cultivos asociados en el norte del estado de Veracruz y noreste de Puebla. Informe técnico proyecto 322600. CIIDRI-UACh.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Parcelas demostrativas y su importancia en la transferencia tecnológica agrícola. Roma, Italia: FAO.

Navarro-Meneses, R., y García-Barrón, R. 2018. Contexto sociocultural y adopción tecnológica en programas pecuarios del sur de México. Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo 15(2): 263–283.

De Ita, A. 2022. Comunidad y autonomía frente a Sembrando Vida. Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano (CECCAM). Ciudad de México: Gaceta Parlamentaria. (2018, 10 de agosto). Año XXI, número 5088-II. Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión.

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS *vs* GLIFOSATO Y OTROS HERBICIDAS EN NARANJA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) EN VERACRUZ

Manuel Ángel Gómez-Cruz[1], Laura Gómez-Tovar[2*] y José Alberto Barrera-González[1]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Chapingo, Edo. de México, México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Agroecología, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral, Chapingo, Edo. de México, México.
* Autor de correspondencia: gomezlaura@yahoo.com

Palabras clave: *Manejo de arvenses, Agricultura de transición, Citricultura orgánica.*

Introducción

En México, el decreto presidencial emitido el 31 de diciembre de 2020 y actualizado el 13 de febrero del 2023, busca la sustitución total del glifosato para el 31 de marzo del 2024 (DOF, 2023). Lo anterior, pone a México en una búsqueda de la transición agroecológica, siendo importante el desarrollo y análisis de estrategias agroecológicas, en particular aquellas vinculadas al manejo de las arvenses.

La fruta más importante a nivel nacional por superficie sembrada es la naranja. En la zona norte de Veracruz se tienen 13 municipios con mayor producción de naranja Valencia: Álamo Temapache, Papantla, Tihuatlán, Castillo de Teayo, Chicontepec, Martínez de la Torre, Gutiérrez Zamora, Tecolutla, Tuxpan, San Rafael, Misantla, Ixhuatlán de Madero y Cazones de Herrara, que concentran más de 80% del total de la producción en toneladas de naranja. En esta zona comúnmente se realizan 11 prácticas agroecológicas para el manejo de arvenses, siendo las más importantes las que emplean machete, azadón, desbrozadora, tractor con rastra y tractor con chapeadora y sus combinaciones. También se realizan 13 prácticas utilizando los herbicidas más comunes como son el glifosato, 2-4D, paraquat y glifosato+paraquat+glufosinato, en diferentes combinaciones. El objetivo de la investigación fue comparar los costos de producción de las opciones agroecológicas *versus* el manejo con glifosato y otros herbicidas en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) en la zona norte de Veracruz.

Materiales y métodos

Los tipos más representativos de manejo con prácticas agroecológicas y con herbicidas se obtuvieron de un total de 16 mil ha del norte de Veracruz que asesora Consultoría Empresarial en Agronegocios, S.A. de C.V. Para el análisis de costos se calcularon 10 rubros a precios corrientes del año 2023: 1. insumos, 2. mano de obra, 3. maquinaria y equipo, 4. gasolina, aceite y lubricantes, 5. refacciones, partes de la maquinaria y equipo, 5. mantenimiento de la maquinaria, equipo y herramientas, 6. amortización de los activos -maquinaria, equipo y herramientas, 7. costos financieros al 18%, costos administrativos y costos de transacción (3%).

Resultados y discusión

El promedio de los costos de las prácticas agroecológicas es 24.6% mayor que cuando se utilizan herbicidas (Cuadro 1), pero el problema que ocasionan en la salud y al medio ambiente (Rossi, 2000) representa un mayor costo como lo demuestra la ecología económica. De seleccionarse la práctica agroecológica más económica para el manejo de arvenses (desbrozadora con $12,941 pesos) y se compara con la utilización de herbicidas, ésta tiene un costo menor a 5 combinaciones con herbicidas: a) herbicidas 6x mecanizado paraquat, b) herbicidas 4x mecanizado (glufosinato de amonio+2,4D-amina), c) herbicidas 4x mecanizado (glufosinato de amonio+2,4D-amina), d) herbicidas 4x mecanizado (glifosato+glufosinato de amonio+2,4D-amina) y e) herbicidas 2x mecanizado (glufosinato de amonio+2,4D-amina) hilera +3x chapoleadora calle) utilizadas comúnmente en el norte de Veracruz.

Cuadro 1. Comparación de costos en el manejo de arvenses de prácticas agroecológicas vs utilización de herbicidas en el Norte de Veracruz.

Prácticas agroecológicas		Uso de herbicidas	
Práctica/maquinaria	$Costo/ha	Herbicidas	$Costo/ha
1.Machete “volado”	13,744	Herbicidas 4x manual (glifosato+2,4D-amina)	10,447
2.Machete “piso tierra”	15,622	Herbicidas 2x manual (glifosato+2,4D-amina) +2x desbrozadora	12,239
3.Azadón y desbrozadora	16,309	Herbicida 6x manual (paraquat)	9,549
4.Desbrozadora	12,941	Herbicidas 2x manual (paraquat) + 2x desbrozadora	11,402
5.Desbrozadora y machete	13,930	Herbicidas 6x mecanizado (paraquat)	14,974
6.Desbrozadora y machete 2	15,094	Herbicidas 4x mecanizado (glifosato+2,4D-amina)	12,815
7.Tractor y machete	14,275	Herbicidas 4x mecanizado (glufosinato de amonio+2,4D-amina)	13,712
8.Tractor y machete 2	14,723	Herbicidas 2x mecanizado (glifosato+2,4D-amina)+ 3x desbrozadora	7,753
9.Tractor y desbrozadora	15,491	Herbicidas 4x mecanizado (glufosinato de amonio+ 2,4D-amina)	14,046
10.Tractor y desbrozadora 2	15,612	Herbicidas 4x mecanizado (glifosato+glufosinato de amonio+2,4D-amina)	13,150
11.Tractor, tubo y desbrozadora	14,408	Herbicidas 2x mecanizado (glufosinato de amonio+2,4D-amina) hilera +3x chapoleadora calle	13,346
-	-	Herbicida 5x, tres totales y dos a la hilera (glifosato)	9,029
-	-	Herbicida 4x dos totales y dos a la hilera (glifosato) + 2x desbrozadora (hilera)	11,302
Promedio	$14,741.00	Promedio	$11,828

1.Machete. Chapeo “volado” a la hilera de árboles y en calles en relieves planos, suaves y pronunciados con machete o moruna. 2. Machete. Chapeo a “piso tierra” en toda la huerta, todo tipo de relieves. 3. Azadón y desbrozadora: Azadón al ruedo de árboles y desbrozadora en la hilera y calles en todo tipo de relieves. 4. Desbrozadora. Toda la huerta, todo tipo de relieves. 5. Desbrozadora y machete. Chapeo “volado” al ruedo y paso de desbrozadora en la hilera de árboles y calles en todo tipo de relieves. 6. Desbrozadora y machete. Chapeo “pelo tierra” al ruedo de los árboles y desbrozadora en la hilera y calles en todo tipo de relieves. 7. Tractor y machete. Chapeo “volado” al ruedo y paso de rastra o chapeadora cruzada en calles en relieves planos y suaves. 8. Tractor y machete. Chapeo “volado” a la hilera de árboles y tractor con chapeadora o rastra en calles en relieves planos y suaves. 9. Tractor y desbrozadora. Al ruedo desbrozadora y paso de tractor con chapeadora o rastra en calles en relieves planos y suaves. 10. Tractor y desbrozadora. Paso de tractor con chapeadora o rastra en calles en relieves planos y suaves y desbrozadora en hilera de árboles. 11.Tractor y tubo. Paso del tubo colocado al tractor para rozar las arvenses, en 80% de la hilera de árboles y en todas las calles de la huerta, en relieves planos y suaves. Fuente: elaboración propia, 2023.

Rossi (2020) menciona 1,108 artículos relacionados con los perjuicios del glifosato y en marzo (2015). La Organización Mundial de la Salud, a través de la Agencia Internacional de Investigación contra el cáncer, ya había reclasificado al glifosato como probable cancerígeno en humanos. Entre los daños en humanos se reportan malformaciones congénitas, alteraciones en el sistema nervioso, hormonal y gastrointestinal, infertilidad, diversos tipos de cáncer (por ejemplo, linfoma No Hodgkin), encelopatía, mutagénesis, autismo, parkinson, trastornos al sistema nervioso, sistema endócrino y renal, intolerancia al gluten, daños al hígado, a las bacterias intestinales y al sistema inmune. Entre los daños a la biodiversidad están afectaciones a anfibios, peces, aves, reptiles, moluscos, tortugas, abejas y otros polinizadores (Watts *et al*., 2016 citado por Bejarano, 2027; CIBIOGEM, 2019). Al mismo tiempo, la mayoría de los productores desconocen los efectos negativos de los herbicidas hacia su salud, la de los trabajadores agrícolas y consumidores, la biodiversidad y el entorno en general, buscando resolver el problema del manejo de arvenses a corto plazo, siendo importante un proceso generalizado de concientización. El mayor costo de las prácticas agroecológicas (25%) se compensa cuando la producción es orgánica y el productor recibe una mayor compensación, a través del precio premium o sobreprecio (Gómez *et al*., 2017). En la región norte de Veracruz, el precio premium a los productores de naranja orgánica ha sido superior al 100% en los últimos cinco años, situación que ha influido en el interés de los productores hacia una transición agroecológica.

Conclusiones

Existen opciones para el manejo de arvenses sin el uso de herbicidas en la producción de naranja Valencia en el norte de Veracruz.

El promedio de los costos de las prácticas agroecológicas *versus* el uso de herbicidas es 24.6% mayor que el de los herbicidas. Dicho porcentaje es bajo si se consideran las bondades de las prácticas agroecológicas frente a los perjuicios que ocasionan los herbicidas en el medio ambiente y la salud humana.

Existen cinco prácticas que emplean comúnmente los citricultores convencionales en el norte de Veracruz, las cuales tienen un mayor costo que la práctica agroecológica que hace uso de la desbrozadora para el manejo de arvenses.

Referencias bibliográficas

Bejarano, G. F. (Coord.) 2017. Los plaguicidas altamente peligrosos en México. Red de Acción contra plaguicida y alternativas en México, CIAD, Red de Toxicología de Plaguicidas, UCCS, INIFAP, RAP-AL, IPEM, PNUD. Texcoco, Edo. de México, México.

CIBIOGEM. 2019. Repositorio de investigación científica sobre el glifosato. México. https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/documentos-y-actividades-en-bioseguridad/repositorio-glifosato?busqueda=1108

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2023. Decreto por el que se establecen diversas acciones en materia de glifosato y maíz genéticamente modificado. 13 febrero 2023. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5679405&fecha=13/02/2023Decreto presidencial.

Gómez, C. M. A., Gómez, T. L., Schwentesius, R. R., Rodríguez, N. O., Reyes, R. R. 2017. Guía agroecológica para la producción de naranja orgánica. UACh. CIIDRI-PEVU-CLAC Fair Trade-Centro de Investigación Tierra Prieta. Ciudad de México. México.

Rossi, E. M. 2020. Antología Toxicológica del Glifosato. +1000 evidencias científicas publicadas sobre los impactos del glifosato en la salud, ambiente y biodiversidad. Naturaleza de Derechos. http://www.naturalezadederechos.org/antologia5.pdf.

AGROECOLOGÍA, TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA Y POLÍTICAS PÚBLICAS

Ileana Dayamina de la Cruz-Santos[1], Felipe Gallardo-López[1], Aniela Ruth González-de la Cruz[2], Mario Alejandro Hernández-Chontal[3], Alberto Asiain-Hoyos[1], Octavio Ruiz-Rosado[1], Giraldo Martín-Martín[4] y Rosa Acosta-Roca[5]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas, entre Puente Jula y Paso San Juan, Predio Tepetates, C.P. 91690, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México.
[2]Universidad de las Ciencias de la Cultura Física y el Deporte "Manuel Fajardo" (UCCFD), Santa Catalina e/ Boyeros y Primelles, Cerro, La Habana, Cuba.
[3]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas-Xalapa, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Zona Universitaria, C.P. 91090, Xalapa, Veracruz, México.
[4]Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.
[5]FAO, Sede, Cuba.
*Autor para correspondencia: felipegl@colpos.mx

Palabras clave: *Agroecología, Políticas públicas.*

Introducción

La agroecología enfrenta retos significativos en el campo de las políticas públicas, debido a la desconexión entre las prácticas agrícolas convencionales impulsadas por políticas gubernamentales y el enfoque sistémico y sostenible que promueve la agroecología. Se mueve en entornos complicados de sistemas agroalimentarios globalizados donde habita la industrialización agrícola y acciones antropogénicas degradantes de los suelos y de la biodiversidad. Se requiere una priorización de manejos, conocimientos y políticas para responder a los desafíos de malnutrición, pobreza y degradación ecológica. Este estudio tuvo como objetivo revisar las visiones y tendencias sobre las políticas a favor de la agroecología en diversos países.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica utilizando la base de datos Scopus, Clarivate y REDALYC con los criterios de palabras como "agroecology" OR "agroecological systems" and "agroecological transition" OR "food system transformation" and "public policy" OR "governance" OR "institutions". Se utilizaron los softwares libres R Studio y Bibliometrix. A partir del reporte (formato Excel) generado por Bibliometrix, se procedió a depurar los resultados. Se cuantificaron los artículos de acuerdo con el año de publicación. Una vez identificados los artículos que abordan la agroecología y políticas públicas, se extrajo la información pertinente para identificar tendencias y conexiones de dominios, acciones e instrumentos de políticas implementados de cuatro regiones a nivel mundial (Norte América, Sur América, Europa, Asia).

Resultados y discusión

La búsqueda en la base de datos de Scopus sobre "agroecología, sistemas agroecológicos, transición agroecológica, transformación del sistema alimentario y políticas públicas, gobernanza o instituciones, desde 2013 a 2025, devolvió 83 documentos, lo cual evidencia que es una temática aún en desarrollo. Es un tema en tendencia, que muy pocos países han implementado en la práctica. Se evidenció un puente entre el enfoque agroecológico y la dimensión política. Entre los temas básicos y emergentes, importantes, pero aún no desarrollados o no completamente integrados se encuentran políticas públicas, soberanía alimentaria y sostenibilidad agraria, temas que demandan mayor investigación, hacia las políticas sociales, cambio climático, evaluación ambiental, servicios ecosistémicos, desarrollo rural, análisis de costos y rentabilidad, gestión agrícola, prácticas agrícolas y agricultura alternativa, donde la soberanía alimentaria y sustentabilidad agraria son ejes conceptuales que están ganando relevancia. Se apreció un crecimiento de la producción científica relacionada con las estrategias agroecológicas para incrementar la producción actual de alimentos, pero la mayoría se ha centrado en técnicas para la sostenibilidad agrícola como la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la adición de materia orgánica al suelo y la cosecha de agua. No ha sido abordado a profundidad la generación de conocimientos sobre sistemas de información climática

temprana ni la prevención y mitigación de desastres lo cual se considera importante frente a los desafíos del cambio climático. Los países con mayor producción científica son Francia, Estados Unidos, España, Países Bajos, Brasil, Inglaterra y Bélgica, con una fuerte presencia de estudios de caso o política pública en el contexto brasileño. Figura 1.

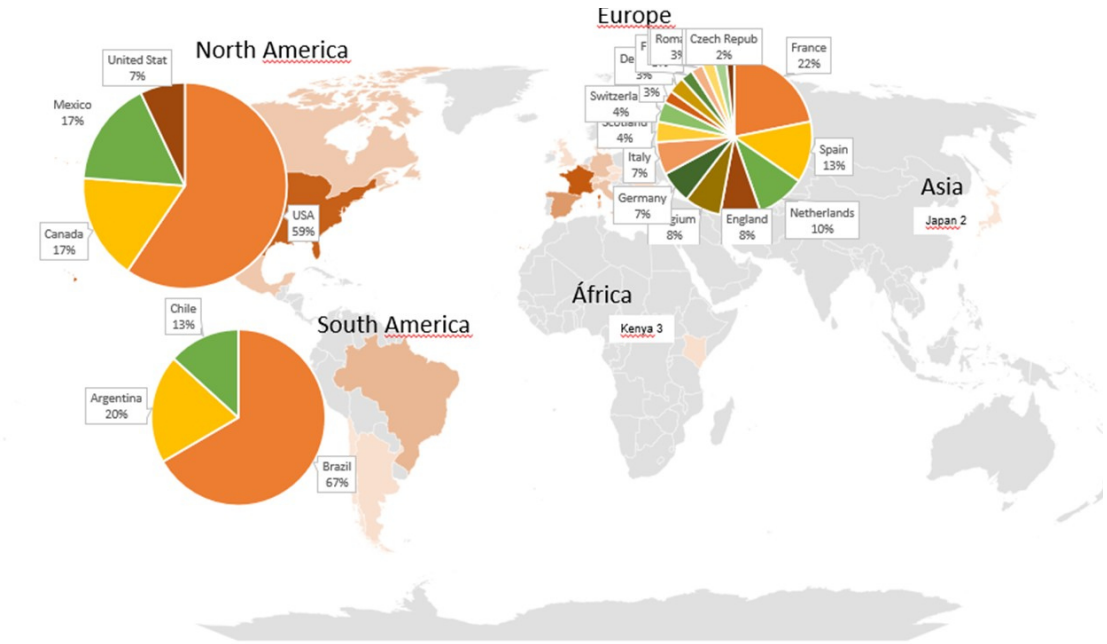


Figura 1: Continentes y países donde los estudios más citados se originan. Elaboración propia a partir de hallazgos basados en información recuperada de Scopus.

En lo que respecta a instrumentos de políticas a favor de la agroecología, se registraron nueve estudios realizados en Europa (España, Reino Unido y Francia), seis estudios de Las Américas (Canadá, Estados Unidos, Brasil y Perú) y en África, Zimbabwe). Oteros-Rozas *et al*. (2019) señalaron que se requiere evaluar indicadores de provisión de servicios ecosistémicos y de sostenibilidad económica en el proceso de transición agroecológica. Los resultados mostraron que a nivel de finca han funcionado mejor las prácticas de intercalación de cultivos y semillas de variedades locales, la diversificación de paisajes, movilización de los agricultores y estructuras de gobernanza. Las perspectivas culturales, capital social, conocimiento campesino, participación grupal, equidad de género, redes sociales, uso de economía circular, diseño de plataformas digitales para almacenar, documentar y compartir el conocimiento ecológico tradicional involucrando a los agricultores son clave en las prácticas transformadoras. Estos estudios evidenciaron la existencia de vacíos de investigación en ejes discriminatorios con perspectivas feministas, el racismo y la edad. También se hizo alusión a la falta de evidencia científica sólida e indicadores para medir las transiciones agroecológicas y comparar diferentes sistemas agrícolas. Se identificaron brechas con relación a la innovación social, el aprendizaje, los paradigmas mentales y el pensamiento sistémico como las mentalidades individualistas que afectan la adopción de prácticas agrícolas sostenibles en los sistemas de producción agrícolas. La conceptualización de la transición hacia la sostenibilidad socioecológica, los principios agroecológicos y las prácticas de la agroecología están aportando conocimientos en las tres esferas: la ambiental, la social y la económica.

El desarrollo de políticas a favor de la agroecología y de agricultura orgánica en ocho países de América Latina y el Caribe: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, El Salvador, México y Nicaragua derivó que los principales resultados y avances de las políticas públicas han sido por la difusión de principios, conceptos agroecológicos y la innovación tecnológica. Su aplicación ha sido por esfuerzos de las asociaciones de agricultores agroecológicos y/o de técnicos o investigadores asociados, reconocimiento de los actores de los movimientos de agroecología y producción orgánica por parte de la administración pública, abriendo espacios de participación, consulta o negociación institucionalizados (Sabourin *et al*., 2018).

En Europa, el establecimiento de políticas de tierras para la transición agroecológica busca proteger el acceso de los agricultores de pequeña escala que practican la agroecología a ésta, dado que las tierras de cultivo son cada

vez más caras. Los instrumentos de política pública utilizados son: a) Reforma agraria, en Escocia, por ejemplo, para ejercer el control democrático de la tierra en función de la prosperidad de las comunidades; b) Bancos de tierras públicos (Asturias, España) con el objetivo de priorizar la transferencia de tierras a los titulares de parcelas adyacentes (en lugar de a inversores externos), apoyar a los jóvenes agricultores y agricultoras, fomentar la creación de nuevas explotaciones y promover la agricultura ecológica; c) Planificación espacial integradora para cartografiar mejor los patrones de uso y distribución de la tierra existentes, gestionar las demandas de uso de la tierra que compiten entre sí y salvaguardar las tierras agrícolas de la conversión de terrenos agrícolas en terrenos de usos urbanos no agrícolas; d) Asociaciones para el desarrollo rural y de la tierra; e) Sacar la tierra del mercado: la tierra como derecho humano y como bien común, referido a la administración de la tierra como derecho, respeto y protección de los bienes comunes en aras de reconocer la multitud de regímenes de acceso a la tierra (Plataforma Nyéléni de Europa y Asia Central, 2021; Agroecology Europe, 2020).

En México, entre 2018 y 2024 se han implementado políticas agroalimentarias con apoyo económico y técnico a pequeños propietarios de tierras, modelo basado en el “diálogo de saberes”, considerando no sólo las dimensiones biológica, ecológica, agrícola y alimentaria, sino también las esferas social, económica, cultural y política; la autosuficiencia y/o soberanía alimentaria como meta prioritaria en la política gubernamental; la integración y reconocimiento del papel de las mujeres a lo largo de la cadena alimentaria se convirtió en un objetivo con la misma prioridad; la agroecología como tema ha sido adoptada en paralelo a una economía social y solidaria expresada en la creación de cooperativas, uniones de crédito y acciones de reciprocidad y apoyo mutuo; y la investigación humanística, científica y tecnológica estaba en sintonía con los preceptos previos contenidos en las políticas del CONAHCYT (Toledo y Argueta, 2024).

Conclusiones

El estudio sobre agroecología, transición agroecológica y políticas públicas, aunque se visualizaron publicaciones sobre el tema, no está abordado en la literatura con profundidad, lo cual evidencia un vacío científico. Los principales dominios en los que se agrupan las publicaciones son: sostenibilidad, desarrollo rural, enfoque participativo y medio ambiente. La socioecología está integrándose a la agroecología, debido a que son los movimientos sociales los que impulsan las decisiones y comercios de productos en circuitos cortos. El reto actual, es la implementación de políticas públicas y la participación de los diversos actores en el agroecosistema reforzando los estudios sobre los elementos sociales. Sin un marco político-institucional robusto que promueva y apoye los cambios requeridos, el rediseño de agroecosistemas tropicales de base agroecológica se enfrenta a grandes obstáculos.

Referencias

Agroecology Europe. 2020. Agroecology initiatives in Europe. Corbais, Belgium, 232 p. https://www.agroecology-europe.org/wp-content/uploads/2020/11/AEEU-Mapping-Report-agroecological-practices-November-version.pdf

Oteros-Rozas, E., Ravera, F., García-Llorente, M. 2019. How does agroecology contribute to the transitions towards socioecological sustainability? Sustainability 11(16), 4372. https://doi.org/10.3390/su11164372

Plataforma Nyéléni de Europa y Asia Central. 2021. Raíces de resiliencia: Política de tierras para la transición agroecológica en Europa. https://www.tni.org/files/publication-downloads/sp_rootsofresilience_full_report_online.pdf

Sobourin, E., Le Coq, J.F., Fréguin-Gresh, S., Marzin, J., Bonin, M., Patrouilleau, M. M., Vázquez LL, Niederle P. 2018. Public policies to support agroecology in Latin America and the Caribbean. *Perspective* (45). https://doi.org/10.19182/agritrop/00020

Toledo, V.M. and Argueta, Q. 2024. The evolution of agroecology in Mexico, 1920–2023. *Elementa: Science of the Anthropocene,* 12 (1), 00092. https://doi.org/10.1525/elementa.2023.00092

INTRODUCCIÓN Y ACEPTACIÓN DE TRES NUEVAS VARIEDADES DE ALCATRAZ (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng 1826) EN ALPATLÁHUAC, VERACRUZ

Julia Bibiana Miranda-Peralta[1*], Juan Guillermo Cruz-Castillo[2] y María Elena Galindo-Tovar[1]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Córdoba, Veracruz. México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Académico Regional Oriente, Apartado Postal Núm. 49. C. P. 94100, Huatusco, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: zS23000151@estudiantes.uv.mx

Palabras clave: *Deja Vú, Utopía, Sublime, Cultivo, Floricultura.*

Introducción

Las flores de corte, como de maceta más importantes a nivel mundial son: las rosas, crisantemos, tulipanes, lilis, gerberas y anturios. La demanda de éstas se incrementa principalmente en épocas de celebraciones como, el día de las madres, san Valentín, días de carnaval y celebraciones religiosas. El alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*), en México adquiere importancia; ya que es usada como decoración de festividades y ritos religiosos en diferentes espacios como: templos, altares, casa habitación, jardines y hoteles. En México, el principal productor de alcatraz es el estado de Baja California Sur con 10 ha cultivadas, seguido por el Estado de México (SIAP, 2023).

La floricultura, en busca de la atracción de nuevos consumidores, se centra en la generación de variedades y cultivares de especies ornamentales (Mata, 2010). Por ello la introducción de nuevos cultivares o variedades abre posibilidades a pequeños y medianos productores de incursionar a los mercados más competitivos.

Por lo anterior este trabajo tuvo como objetivo Introducir las nuevas variedades Deja Vú, Utopía y Sublime de alcatraz en el municipio de Alpatláhuac, Veracruz, así como caracterizar las condiciones edafoclimática y analizar la aceptación de las variedades.

Materiales y métodos

La zona del estudio se ubica en la localidad de Alpatláhuac en el municipio de Alpatláhuac, Veracruz; el cual cuenta con alto grado de marginación y pobreza, su principal actividad económica que desempeña su población es la agricultura. Como material vegetal se utilizaron plantas de tamaños similares de las variedades Deja Vú (Figura 1), presenta 3 colores en su espata: rosado, blanco y verde, Utopía (Figura 2), tiene unas franjas rosas violáceas en la cara externa de su espata, y en la interna, color blanco; y Sublime (Figura 3), tiene color blanco en gran parte de su espata, una ligera línea violácea en la base y además presenta hojas moteadas.

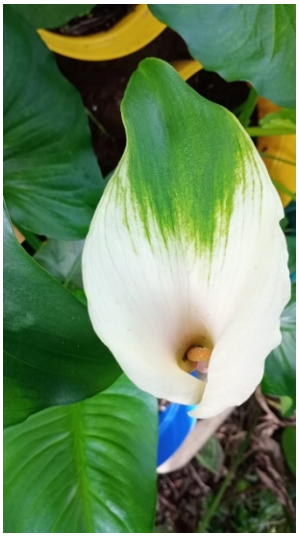


Figura 1. Deja Vú

Figura 2. Utopía

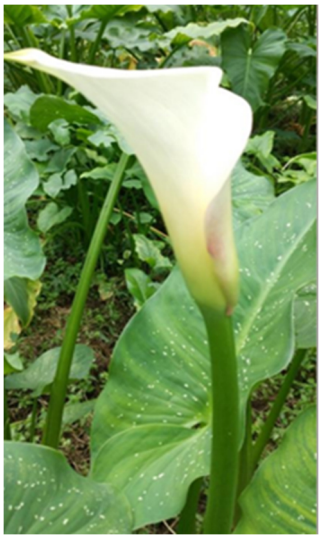


Figura 3. Sublime

Estas nuevas variedades fueron obtenidas en el municipio de Huatusco, Veracruz por la Universidad Autónoma Chapingo y tienen derecho de obtentor.
Se trabajó con 5 señoras a quienes se les otorgaron 5 plantas de cada variedad y 15 macetas a cada una y se sembraron en julio de 2024, colocándolas de manera aleatoria en sitios bajo sombra.
Para la caracterización edafoclimática se utilizaron bases de datos de INEGI y CONABIO y se desarrollaron mapas del clima, tipo de suelo y nivel, mediante el uso de información cartográfica vectorial utilizando el programa Qgis 3.14.15. Para analizar la aceptación de la introducción de las variedades se realizó una encuesta a las 5 participantes y un análisis cualitativo en el programa ATLASti.25.

Resultados y discusión

Basado en los mapas elaborados con la información cartográfica, el municipio de Alpatláhuac, Veracruz, presenta dos tipos de clima: templado húmedo (C(m)(f)) que predomina en la mayor parte del municipio, el cual se presenta en el sitio de estudio, y semifrío subhúmedo (Cb´(w2)), en menor proporción. García (2004) menciona que el clima templado húmedo (C(m)(f)) presenta una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, lluvias durante verano y porcentaje de lluvia invernal de 0 a 18% del total anual. La localidad de Alpatláhuac presenta el tipo de suelo andosol húmico (Th), estos suelos se caracterizan por originarse de ceniza volcánica y son suelos jóvenes, que presentan un color oscuro y además tienen alto porcentaje de materia orgánica y arcillas. De acuerdo con las curvas de nivel la localidad de Alpatláhuac se encuentra entre los 1600 y 1900 msnm.
Las características edafoclimáticas presentes en la zona de estudio son adecuadas para el cultivo de alcatraz (Cruz-Castillo *et al*., 2008), este cultivo requiere una temperatura media entre 15°C y 22°C y suelos limosos, por otro lado, el SIAP (2023) menciona que el desarrollo del alcatraz no es óptimo por encima de los 2000 msnm, esto se apega a los requerimientos necesarios para la introducción el cultivo de las tres variedades de alcatraz.
De acuerdo con las encuestas aplicadas a las participantes en el proyecto y el análisis elaborado en Atlasti.25 (Figura 4), todas mencionaron una aceptación positiva del cultivo de las tres variedades, con interés por mantenerlas en su hogar y además cuatro de las participantes mencionaron tener un interés por comercializar en un futuro dichas variedades de alcatraz. De las cinco participantes, cuatro mencionaron tener experiencia previa con el cultivo de alcatraz criollo (2) y con otras variedades (2), por lo que tenían conocimiento de prácticas agrícolas para este cultivo y de otros, a los que se dedican de manera combinada a su actividad económica principal. Sobre los aprendizajes, las participantes comentaron que hubo conocimientos nuevos adquiridos e intercambiados sobre el cultivo del alcatraz con este proyecto. Cuellar-Mandujano (2021) menciona que la aceptación de la variedad Utopía estuvo por encima de la variedad Deja Vú debido a la combinación de sus colores, sin embargo, en este estudio no se evaluó que variedad era mayormente aceptada.

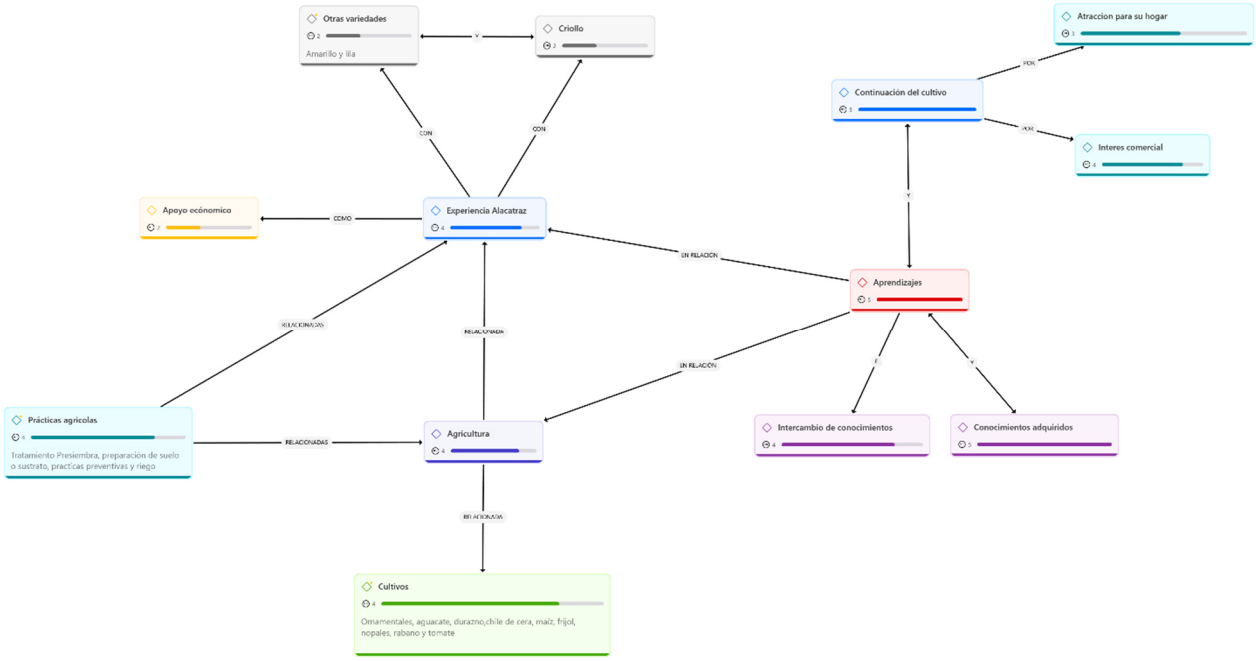


Figura 4. Análisis cualitativo de las encuestas con Atlas ti.

Conclusiones

Según la caracterización edafoclimática el municipio de Alpatláhuac cuenta con las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de las variedades Deja Vú, Utopía y Sublime.

Todas las participantes en el proyecto tuvieron una aceptación positiva a la introducción del cultivo de las tres variedades y pretenden darle continuación.

Referencias

Cruz-Castillo, J. G., Torres-Lima, P. A., Alfaro-Chimalhua, M., Albores-González, M. y Murguía-González, J. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en postcosecha del alcatraz "Green Goddess" (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en condiciones tropicales. Revista Chapingo. Serie Horticultura 14(2):207–212.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

Mata, D. A. 2010. Manejo de la calidad de la luz como alternativa para el control del crecimiento en la producción de plantas ornamentales en maceta en los alrededores de Buenos Aires, Tesis de maestría. Institulo Nacional de Tecnología Agropecuaria.

SIAP. 2023. Anuario Estadístico de Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Cuellar-Mandujano, A. K. 2021. Evaluación de la aceptación de cuatro variedades de alcatraz (*Zantedeschia aethiopica* L.) y elucidación de los conductores de agrado entre consumidores. Universidad Autónoma de Chapingo.

ESTADO ACTUAL DE LA ACUACULTURA DE BAJO COSTO EN LA REGIÓN DE LAS MONTAÑAS DEL ESTADO DE VERACRUZ

Edgardo Campos-Páez[1*], Adán Cabal-Prieto[1], Zulema G. Huicab-Pech[2-3] y Antonieta D. Becerra-Ferniza[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Colonia Reserva Territrorial C.P. 94106, Huatusco, Veracruz, México.
[2]Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Subsede Sureste, Sierra Papacal, C.P. 97302, Yucatán, México.
[3]Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), Programa de Estancias Posdoctorales, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Demarcación Territorial Benito Juárez, C.P. 03940, CDMX, México
Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, km. 17.5, Carretera Federal Haltunchén-Edzná, C.P. 24450, Campeche, México.
*Autor para correspondencia: biotec.campos@gmail.com

Palabras Clave: *Acuacultura, Alimentación Nutritiva, Tecnología.*

Introducción

En México, la acuacultura se ha convertido en un tema de seguridad nacional, debido a los altos índices de desnutrición en su población. En el estado de Veracruz, de acuerdo con el CONEVAL (2022), 51.7% de la población presenta algún tipo de carencia social y 21.6% no tiene acceso a la alimentación nutritiva y de calidad. Ante este contexto, la introducción de la actividad acuícola en la Región de las Montañas del estado de Veracruz es una alternativa para la mitigación de estos indicadores. Sin embargo, la acuicultura no es una técnica popularizada en la región, ya que se cree que es una tecnología arraigada de la zona costera; Además, el consumo de pescado es mínimo por los altos costos de producción que dificultan la adquisición, a pesar de contar con las condiciones climatológicas y los recursos naturales para su desarrollo. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el estado actual de la actividad acuícola de bajos recursos en comunidades de alta marginación en la región de las Montañas del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

La investigación exploratoria-descriptiva, se realizó en 2025, en comunidades de alta marginación de la región de las Montañas pertenecientes al estado de Veracruz. Se aplicó una encuesta estructurada de la siguiente manera: la primera fase proporcionó información general sobre los entrevistados, mientras que la segunda fase se enfocó en obtener información del sistema de producción y aplicación de buenas prácticas de manejo (BPM). Los datos fueron analizados mediante estadística cualitativa con el paquete Excel 2022. La encuesta fue aplicada a 8 granjas acuícolas de bajos recursos, mediante la técnica “bola de nieve”.

Resultados y discusión

Los productores seleccionados son originarios de los municipios de Ixhuatlán del Café, Tomatlán, Chocaman del estado de Veracruz. El 62.5% pertenece al género masculino, mientras que el 37.5% se representa por el género femenino, lo anterior coincide con las estadísticas por SADER (2023) donde un total de 14,311 mujeres realizan acuacultura y pesca, pero solo el 15% se dedica a la acuacultura y el 85% a la actividad pesquera. Sin embargo, FAO (2016) establece entre sus estrategias el diseño e implementación de políticas y programas donde se involucre la participación de mujeres jóvenes en la actividad acuícola. Los principales cultivos acuícolas de la región de las Montañas son trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*,) en sistemas semi-intensivos. Los productores acuícolas, como primera actividad, se dedican a la agricultura, por lo que sus ingresos familiares se complementan con ambas actividades productivas. Entre los datos más importantes tenemos que 62.5% de la producción de tilapia y trucha presenta problemas en el manejo del sistema de producción (Figura 1), lo anterior es resultado de problemas en la cadena de cultivo de las especies.

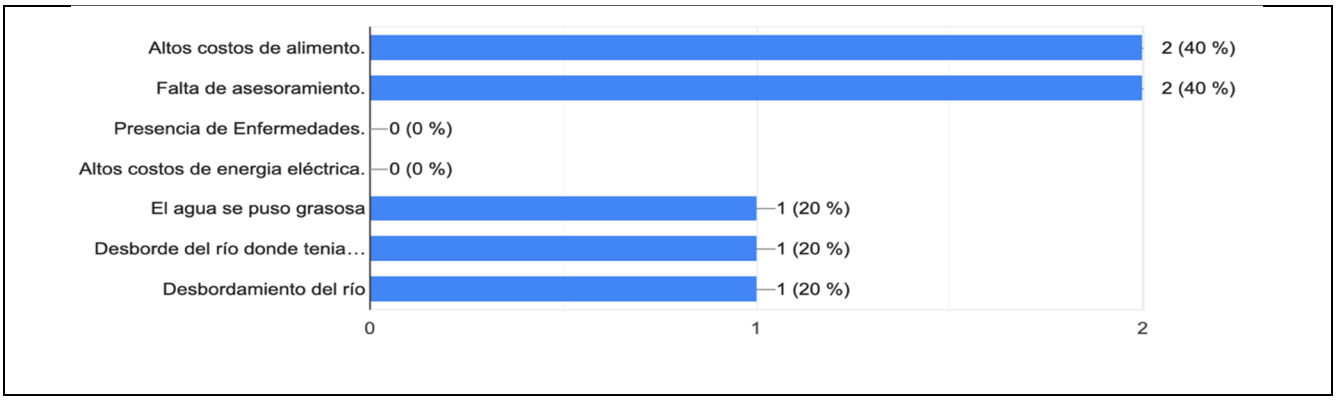


Figura 1. Principales variables en el cultivo acuícola de la región de las Montañas.

Se destaca que el grupo de productores encuestados no realiza la medición de parámetros de calidad de agua, en algunos casos, desconocen los equipos que se requieren y la importancia de su medición en los sistemas de producción acuícola. Lo anterior, impacta en el desarrollo de la especie en cultivo y el nulo uso de técnicas de higiene e inocuidad en la actividad acuícola, tal y como indican Castro-Frías *et al.* (2021), quienes concluyen que los parámetros físico-químicos (PFQ) del agua influyen como indicadores bio-productivos en sistemas intensivos de tilapia. Por su parte, la calidad del agua depende de los efectos del clima, densidad de peces en el sistema (peces/m^3), interacción de procesos químicos y biológicos de bacterias en el agua (EMBRAP, 2013) y ración óptima de alimento a partir de biometrías y uso de bitácoras quincenales o mensuales.
De las granjas acuícolas muestreadas, el 100% opera desde hace cinco años, recibiendo apoyo por parte del gobierno del estado de Veracruz, principalmente de los programas de Producción para el Bienestar y apoyo tripartita a la acuacultura, así mismo los productores reciben apoyo federal y estatal del Programa Café, debido a que realizan actividades de agricultura, incluyendo de servicio (panadería, comerciante).

Conclusiones

La acuacultura en la región de las Montañas del estado de Veracruz se encuentra en una fase de asentamiento, debido a que la curva de aprendizaje se ha realizado de manera paulatina. Una de las principales problemáticas es la falta de conocimiento técnico y la aplicación de las Buenas Prácticas de Manejo acuícola para ambas especies que se manejan en la región. Lo anterior, es una oportunidad de mejora de los sistemas de producción a partir de cursos continuos e intercambio de saberes entre los productores cooperantes e instituciones gubernamentales, así como de instituciones académicas. Es importante destacar, que la acuacultura provee de alimentos e ingresos económicos a la comunidad, es por esta razón que los productores presentan gran interés en tecnificar sus sistemas a partir de la tecnificación simbiótica entre cultivos sin suelo y producción de peces, a fin de aprovechar los nutrientes que se generan en los sistemas de producción.

Referencias Bibliográficas

Castro-Frías, F., Estrada-Labrada, G., Castillo-Basterrechea M. y Sánchez-Simoneu Y. 2021. Parámetros físico-químicos del agua y su influencia sobre los indicadores bioproductivos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Veterinaria argentina. Vol. XXXVIII – Nº 397 – mayo 2021.
CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2022. Estadísticas de pobreza en Veracruz. https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Veracruz/Paginas/principal.aspx
EMBRAP 2013. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf.
FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. El rol de la mujer en la pesca y la acuicultura. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7bd92ac5-334e-4af6-b077-ec241e0eedd1/content
SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2023. Fortalecen mujeres la actividad pesquera y acuícola de México: Agricultura. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/fortalecen-mujeres-la-actividad-pesquera-y-acuicola-de-mexico-agricultura

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN LA ZONA DE LA MIXTECA DE PUEBLA

Alma Velia Ayala-Garay[1*], Adalit Arias-Aragón[2], Carlos Alberto Rodríguez De Dios[2] y Alejandro Pérez-Rosales[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Carretera los Reyes-Texcoco, Km.13.5, Coatlinchan, Texcoco de Mora, Estado de México, México. C. P. 56250.
[2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Nacional Acatlán de Osorio. Carretera Acatlán-San Juan Ixcaquixtla Km. 5.5 Unidad Tecnológica, Acatlán de Osorio, C. P. 74949, Puebla, México.
*Autor para correspondencia: ayala.alma@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Producción, Comercialización, Economía, Pitahaya.*

Introducción

La pitahaya (*Hylocereus undatus*), también conocida como “fruta del dragón”, es originaria de América y destaca por su valor nutricional, apariencia exótica y propiedades organolépticas. Su cultivo tiene doble propósito: ornamental y frutícola, lo que ha impulsado su demanda nacional e internacional (Verona *et al*., 2020). México ocupa el noveno lugar a nivel mundial en exportación de esta fruta, concentrando su producción en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Puebla, Tabasco y Guerrero. Entre 2018 y 2022, Quintana Roo lideró en volumen de producción, mientras que Yucatán destacó por su rendimiento. En el estado de Puebla, la pitahaya desempeña un papel importante en las economías locales, al generar ingresos complementarios para los productores y fomentar la diversificación agrícola. Su cultivo se concentra en 18 municipios, con mayor presencia en las regiones de Izúcar de Matamoros, Tecamachalco y Tehuacán (SIAP–SIACON, 2022).

Aunque el estado registró una aportación significativa al valor de la producción agrícola nacional en 2021 ($22,091,824 miles de pesos), la pitahaya representó apenas el 0.04% de dicho valor. De acuerdo con Del Ángel *et al.* (2022) la adaptación de este cultivo a zonas áridas la convierte en una alternativa viable para pequeños productores. Sin embargo; en la Mixteca poblana su comercialización se ve limitada por la baja demanda y la escasa vinculación con mercados externos, lo que reduce significativamente los beneficios para los productores locales. Por lo anterio el objetivo de este trabajo fue realizar un estudio de mercado para identificar oportunidades de comercialización de la pitahaya producida por pequeños agricultores en la región de la Mixteca poblana.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló durante abril y mayo de 2022 en los municipios de Acatlán de Osorio, San Pablo Anicano, San Juan Llano Grande, San Pedro Yeloixtlahuaca y Guadalupe Santa Ana, de la Región Mixteca Poblana. Se aplicaron tres encuestas dirigidas a productores, consumidores e informantes clave.

Encuestas a productores:

Se utilizó una variante de la técnica Delphi mediante paneles de trabajo para obtener opiniones confiables de un grupo de expertos (Franco *et al.,* 2018). El panel incluyó 18 productores seleccionados por muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando su disposición y similitud en tecnología y superficie cultivada (Franco, 2018). La encuesta contenía 25 preguntas en tres ejes: datos generales, producción y comercialización.

Encuesta a consumidores:

Se aplicó en el municipio de Acatlán de Osorio a una muestra de 271 personas calculada con un muestreo aleatorio simple, bajo un nivel de confianza del 95% y un valor “z” de 1.65. Se consideró como universo de estudio la población total del municipio: 37,955 habitantes (INEGI, 2020). Se identificaron consumidores actuales y potenciales mediante pregunta dicotómica, seguida de ítems en escala Likert para conocer hábitos y preferencias.

Informantes clave:

Se identificaron y entrevistaron representantes de cuatro instituciones gubernamentales, incluyendo la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con el fin de ampliar el panorama sobre el mercado regional y los retos de comercialización en la región.

Análisis de la información:

Los datos se procesaron con estadística descriptiva. Se propuso un esquema de canales locales de comercialización y se aplicó un análisis FODA para evaluar el contexto del cultivo y orientar estrategias para pequeños productores.

Resultados y discusión

Perfil de los productores:

El 56% son mujeres y el 73% mayores de 46 años, lo que refleja el papel relevante de las mujeres en la agricultura local, impulsado por la migración. El 45% tiene más de 20 años de experiencia, y su principal motivación para cultivar pitahaya es diversificar ingresos. Sin embargo; la falta de organización, motivada por costumbres y problemas internos, ha limitado la formalización de figuras jurídicas y asociaciones que les dé acceso a mejores canales de comercialización.

Características de la producción:

La pitahaya es abundante y de origen silvestre, con plantas de más de 30 años. Predomina la variedad de pulpa blanca con rosa (61%) sobre la roja (39%). La producción oscila entre 200 kg y más de 10 toneladas por hectárea, con un rendimiento promedio de 6 t ha/1. Su cultivo es de traspatio, sin acceso a tecnología ni asesoría técnica, lo que limita la estandarización del fruto y su potencial comercial.

Apoyos institucionales:

A nivel estatal, el programa *Recuperación del Campo Poblano,* ofrece capacitación y materiales a los productores de pitahaya, mientras que, a nivel federal, la SADER excluye a este cultivo de programas clave como *Producción para el Bienestar*. Los apoyos actuales son insuficientes y poco accesibles para pequeños productores.

Canales de comercialización: la comercialización involucra a productores, intermediarios y consumidores finales, quienes adquieren el fruto en mercados locales, tianguis y puestos ambulantes (Figura 1).

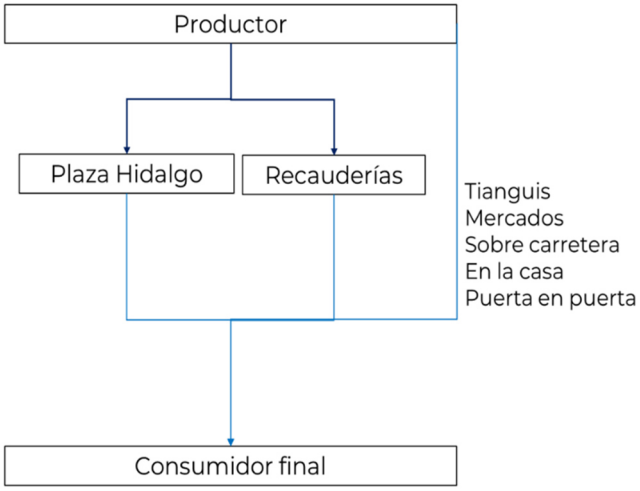


Figura 1. Canales de comercialización de pitahaya. Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos en la fase de campo, 2022.

El 80% de la producción se vende directamente al consumidor en pequeña escala y de manera informal. Los precios fluctúan entre $60 y $80/kg. En los canales indirectos, intermediarios recolectan la fruta y la venden en mercados regionales.

Preferencias de consumo: El 99.3% conoce la pitahaya y el 96% la consume, principalmente fresca (68.2%). También hay interés en productos derivados como nieves, curados, jugos y cosméticos artesanales. El 78.6% prioriza el grado de madurez, seguido del tamaño (57.1%) y el precio (42.9%).

Canales de compra: El 42.8% compra directamente al productor y el 35.8% en tiendas. La compra directa se asocia con mayor frescura y menor precio. El 62.7% considera justo pagar menos de $60/kg, mientras que el 34.7% aceptaría hasta $80/kg. La variedad blanca con rosa es la más demandada.

Limitantes del mercado: La saturación del mercado en temporada alta, junto con la falta trazabilidad y procesos de transformación, limita las oportunidades de agregar valor al producto, lo que dificulta su posicionamiento comercial. Aunque los productores ven potencial para escalar a mercados regionales e internacionales, la falta de manejo técnico, plantaciones especializadas y estrategias de venta limita sus posibilidades. El desconocimiento del mercado, la baja capacitación y la dependencia de intermediarios son obstáculos clave (Cuadro 1).

Cuadro 1. FODA del sistema productivo de pitahaya en la Mixteca poblana.

Fortalezas	Oportunidades
● Fruto con alto valor nutricional ● Fruto no tradicional y exótico. ● El cultivo requiere poca inversión y bajo costo de mantenimiento. ● Potencial aplicación en la industria transformadora.	● Condiciones climáticas favorables. ● Amplia variedad de certificaciones agrícolas. ● Demanda creciente en mercados extranjeros y nacionales.
Debilidades	**Amenazas**
● Poco desarrollo de la agroindustria ● Falta implementar estrategias de ventas. ● Falta de organización entre productores. ● Los acopiadores determinan el precio.	● Falta de capacitaciones en el manejo integral del cultivo. ● Compite con los precios de otras frutas más económicas. ● Variabilidad en los precios de venta ● Desinterés de los gobiernos.

La comercialización enfrenta retos por la falta de asesoría técnica y apoyo institucional, la escasa infraestructura y la inestabilidad de precios (que pueden alcanzar $250/kg en temporada baja). El 100% de los encuestados considera que el gobierno no apoya la cadena productiva de pitahaya, mientras que el 75% de los productores reporta no recibir asesoramiento técnico ni respaldo comercial.

Conclusiones

La comercialización de pitahaya en la región de la Mixteca poblana enfrenta diversos retos, entre los que destacan la limitada producción, la falta de promoción y la ausencia de canales de comercialización eficientes. A pesar de estos desafíos, la pitahaya presenta un alto potencial económico para la región debido a su creciente demanda en mercados nacionales e internacionales. Es necesario continuar con la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas agrícolas para optimizar su producción de pitahaya, mejorar su calidad y reducir los costos de producción.

Referencias bibliográficas

Del Ángel Pérez, A. L., Nataren Velázquez, J., Megchún García, J. V., Villagómez del Ángel, T. E., & Ayala Garay, A. V. (2022). Flowering in Hylocereus spp.: comparative analysis and self-incompatibility. *Agro Productividad*. https://doi.org/10.32854/agrop.v15i8.2259

Franco Sánchez, M. A., Leos Rodríguez, J. A., Salas González, J. M., Acosta Ramos, M., & García Munguía, A. (2018). Análisis de costos y competitividad en la producción de aguacate en Michoacán, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9*(2), 391.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Acatlán, Puebla. Población total. INEGI. https://inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000210003#collapse-Resumen

Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP] – Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta [SIACON]. 2022). Base de datos 2022.

Verona Ruiz, A., Urcia Cerna, J.uan, & Paucar Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria, 11*(3), 439453.

HUERTOS AGROECOLÓGICOS FAMILIARES EN LA REGIÓN DE TEXCOCO

Lorena Cortés-Espinoza[1]*, Erika Muñiz-Reyes[1], Bertha Sofía Larqué-Saavedra[1] y Filiberto Guadalupe-Eligio[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México, Km. 13.5 Carretera Los Reyes -Texcoco, C.P. 56250, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: cortes.lorena@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Sustentable, Sostenible, Alimentación*.

Introducción

De acuerdo con varias investigaciones, a los sistemas de producción a pequeña escala, donde intervienen los integrantes de la familia, se les ha nombrado como solares, producción de traspatio, huertos familiares, entre otros nombres; también, los han definido como agroecosistemas sostenibles familiares (Rivas, 2014). Se caracterizas por ser resilientes a la globalización y a las políticas internacionales y nacionales en su momento donde estuvo inserta la revolución verde, que tuvo y que en la actualidad sigue teniendo consecuencias inherentes a las afectaciones en los ecosistemas -suelo, agua, biodiversidad-, en la cultura, en la alimentación y en la economía del subsector agrícola y en el medio rural; contribuyendo a la inseguridad alimentaria, pobreza y pérdida del conocimiento ancestral. En este contexto, los huertos familiares han prevalecido adecuándose a las circunstancias que se van generando a través del tiempo y a los nuevos procesos de producción, como son los sistemas agroecológicos, basados en las prácticas que integran conocimientos ecológicos y sociales para la producción de alimentos de manera sostenible. También, promueven la biodiversidad y el uso de recursos locales y participación comunitaria. En la región de Texcoco con el desarrollo urbano y la integración de la revolución verde se fueron perdiendo los espacios para la producción a pequeña escala o familiar; sin embargo, las familias son resilientes a esos cambios y aunado a las nuevas políticas y programas gubernamentales y estatales que incentivan y promueven la conservación y la implementación sistemas de producción familiar, con procesos ecológicos amigables con el entorno, la sociedad y el buen comer para el buen vivir. Por tanto, se hace la pregunta: ¿En la Región de Texcoco los huertos familiares siguen o no los principios agroecológicos y sustentable para lograr que sean sostenibles, que colaboren a la seguridad alimentaria y proporcionen los servicios ecosistémicos?. Para responder a la pregunta anterior se planteó el siguiente objetivo: identificar los principios ecológicos que se aplican en los huertos familiares de la región de Texcoco para la producción sostenible de alimentos.

Materiales y métodos

Para la realización de este estudio sobre los huertos agroecológicos, se adoptó una metodología con enfoque regional. Se utilizó un muestreo no probabilístico, combinando técnicas de muestreo en cadena y muestreo por conveniencia (Muñoz *et al.*, 2020), con el propósito de obtener una muestra significativo de la zona de estudio. La herramienta principal fue una encuesta estructurada, diseñada específicamente para recopilar información relevante sobre las prácticas y condiciones agroecológicas en la producción familiar, particularmente en los huertos domésticos de la región de Texcoco, estado de México.

Se empleó un muestreo por conveniencia, donde se aplicó el cuestionario a personas que tuvieran un huerto familiar. Adicionalmente, se utilizó el muestreo en cadena para identificar y contactar a otros individuos que cumplieran con este criterio. En total, se encuestó a 50 personas de la región de Texcoco, abarcando los municipios de Tezoyuca, Texcoco, Tepetlaoxtoc, San Vicente Chicoloapan, Papalotla, Chiautla y Atenco (Figura 1). La biodiversidad en los sistemas familiares se clasificó en los cuatro grupos siguiente: frutales, plantas medicinales y aromáticas, ornamentales y hortalizas. También se identificó y se analizó los procesos y las técnicas agroecológicas que se llevan a cabo en los agroecosistemas familiares.

Figura 1. Mapa de los municipios donde se realizó el estudio en la Región Texcoco.

Resultados y discusión

En la región de Texcoco, se identificó que las personas encuestadas, en promedio, tienen 48 años, con un rango de 23 a 75 años, con una moda de 50 y una desviación estándar de 14.27; con un 42% menor a la edad promedio y con un 48% mayor a la edad promedio. De los individuos encuestados, 39 son mujeres y 11 hombres. De los 50 huertos objeto de estudio, 35 son atendidos por mujeres y hombres, 11 por sólo mujeres y cuatro de ellos sólo por hombres. Con respecto a la biodiversidad de las plantas cultivadas en los huertos de la Región, se concentran en los cuatro grupos que se clasificaron como son los frutales, las hortalizas, las medicinales y aromáticas y las ornamentales, como lo muestra el Cuadro 1.

Cuadro 1. Grupos de plantas que integran los huertos familiares en la Región de Texcoco.

Grupo de plantas	% de huertos
Frutales, hortalizas, medicinales y aromáticas y ornamentales	38
Frutales, medicinales y aromáticas, ornamentales	22
Frutales, hortalizas y medicinales y aromáticas	14
Medicinales y aromáticas	8
Hortalizas y medicinales y aromáticas	6
Hortalizas, medicinales y aromáticas y ornamentales	4
Frutales y medicinales y aromáticas	4
Hortalizas	2
Medicinales y aromáticas y ornamentales	2

Con respecto a los procesos ecológicos que realizan en espacios familiares, se concentran principalmente en la fertilización, de 50 huertos, 46 realizan esta práctica, de éstos 96% aplican biofertilizantes, de la cuales un 91%, los elaboran ellos mismos, principalmente con materiales que se encuentran localmente y a los que tienen acceso fácilmente. Los fertilizantes ecológicos que elaboran y que aplican, en más del 90% de los huertos consisten en compostas -donde utilizan residuos de cocina, hojarasca, residuos del mismo huerto y estiércol- y un 20% elabora y aplica bocashi, lixiviados, tes, bioles -supermagro, superbiol, de calabaza y de semilla de paraíso-, lombricomposta y biofish (Figura 2). En los agroecosistemas familiares elaboran y utilizan uno o varios biofertilizantes a la vez. Otras de las prácticas agroecológicas que llevan a cabo es el control de plagas utilizando bioinsecticidas-tés; el 60% indicó que tiene este problema con la presencia de mosquita blanca, chapulines, pulgón, caracol y araña roja, y que 81% controlan estas plagas con bioinsecticidas -tes que preparan ellos mismos y 19% utiliza productos químicos que adquieren en el mercado. Otra de las prácticas ecológicas que realizan, es la aplicación de microorganismos, unos son comerciales como *Lecanicillium ecanii, Trichoderma harzianum y Metarhizium anisoplia;* otros microorganismos son locales que son reproducidos en los huertos en zonas metagenómicas. En las familias donde se elaboran bioinsumos diferentes a la composta y la lombricomposta, al menos uno de los integrantes ha recibido capacitación y asistencia técnica. Bajo este contexto, de los 50 huertos, sólo un 8% aplica agroquímicos y 92% son sistemas familiares agroecológicos, que han sido desarrollados por generaciones (García *et al*., 2018), aunados a las nuevas prácticas ecológicas que ayudan a enriquecer los procesos ecosistémicos, a conservar la biodiversidad fitogenética *in situ* y la cultura de la producción familiar, y a obtener alimentos nutritivos y agroecológicos sostenibles - a esta característica, en la actualidad se reconoce

como un valor agregado-; por lo que proveen a las familias beneficios alimenticios (Gutiérrez *et al*., 2015); proporcionan otros servicios ecosistémicos y favorecen a la economía familiar.

Figura 2. Elaboración de composta, bocashi y bioles, de izquierda a derecha.

Conclusiones

En la Región de Texcoco, la conservación e intercambio de saberes es fundamental en los sistemas agroecológicos implementados en los huertos familiares; que contienen una biodiversidad fitogenética que se conserva *in situ*; con prácticas que se pasan de generación en generación. En estos espacios se integran conocimientos ancestrales con enfoques actuales, permitiendo la aplicación de prácticas ecológicas que fortalecen la producción sustentable a nivel familiar. Estos sistemas no solo desempeñan un papel clave en la recuperación de la soberanía alimentaria, sino que también contribuyen a frenar la pérdida de biodiversidad fitogenética y la degradación de recursos naturales como el agua, el suelo, el aire y los ecosistemas en general. En esta Región, la producción a pequeña escala, se basa en principios agroecológicos y el uso de recursos locales; por consiguiente, sigue siendo una alternativa viable para promover el buen comer y el buen vivir, además de ofrecer valiosos servicios ecosistémicos. En este contexto los huertos familiares se presentan, como sistemas resilientes y sostenibles frente a los desafíos del cambio climático; así como, ante transformaciones culturales, sociales y alimentarias.

Referencias bibliográficas

García, F. J. C., Calvet, M. L., Domínguez, P. y Gutiérrez, C. J. G. 2018. Buenas prácticas de desarrollo sostenible: el huerto familiar en el Altiplano. Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable: Experiencias comparadas. pp. 127–138. In: J. Mora Aliseda (Ed.). Gestión ambiental y desarrollo sustentable: experiencias comparadas. Thomson Reuters/Aranzadi Ed. ffhal-02111584f. https://univ-tlse2.hal.science/hal-02111584/document.

Gutiérrez, C. J. G., Olascoaga, L. W., Pérez, J. I. J., y Chávez, M. M. C. 2015. Agroecosistemas de huertos familiares en el subtrópico del Altiplano Mexicano. Una visión sistémica. Tropical and Subtropical Agroecosystems 18(3):237–250.

Muñoz, P. y Salazar, R. 2020. Métodos de muestreo cualitativo: conveniencia y bola de nieve. Revista de Investigación Social 15(2):45–62.

Rivas, G. 2014. Huertos familiares: para la conservación de la agrobiodiversidad, la promoción de la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. Ambientico 243:4-9. https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/25464/243_4-9.pdf

Agradecimientos

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología por su apoyo financiero para el proyecto “Los huertos familiares una alternativa para la autogeneración de alimentos en la Región de Texcoco”; a todas las personas por su apoyo y colaboración en la recopilación de la información de campo y al CEVAMEX-INIFAP por su apoyo otorgado.

DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO SOBRE MERCADOTECNIA, PRÁCTICAS SOSTENIBLES Y ACCESO A MERCADOS EN PRODUCTORES DE CHAYOTE (*Sechium Edule Jacq.*) SWARTZ EN LAS ALTAS MONTAÑAS DE VERACRUZ

Martha Romero-Jaén[1], Susana Isabel Castillo-Martínez[1]*, Hilario García-Martínez[2], Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera[1] y Rosalía Núñez-Pastrana[3]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica – Maestría en Ciencias en Desarrollo Regional y Tecnológico, Veracruz, México.
[2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz, México.
[3]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Orizaba-Córdoba Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
*Autor de correspondencia: susana_castillo@zongolica.tecnm.mx

Palabras clave: *Diagnóstico participativo, Mercadotecnia social, Comercialización, Sostenibilidad, Tecnología.*

Introducción

El cultivo de chayote (*Sechium edule Jacq.) Swartz*, representa una actividad agrícola estratégica para las comunidades rurales de las Altas Montañas de Veracruz. No obstante, los productores enfrentan barreras estructurales para acceder a mercados competitivos, implementar prácticas sostenibles y aprovechar herramientas tecnológicas para su comercialización (Magesa *et al*., 2020). Este estudio se enmarca en un enfoque participativo y tuvo por objetivo realizar un diagnóstico sobre las condiciones productivas, prácticas agrícolas, canales de comercialización y posibilidades de innovación tecnológica en la región, mediante la aplicación de encuestas a 27 productores de los municipios de Ixtaczoquitlán, Coscomatepec e Ixhuatlán del Café. En los estudios mencionados se han documentado diagnósticos en sistemas agroecológicos para generar soluciones locales sostenibles (Jiménez-Ortega *et al*., 2022). El presente artículo propone una reflexión sobre los factores que limitan el desarrollo territorial y formula alternativas de fortalecimiento comercial desde la perspectiva del agricultor rural.

Materiales y métodos

La metodología utilizada se basa en un enfoque exploratorio-participativo, como el propuesto por Jiménez-Ortega *et al*. (2022), basada en una encuesta estructurada aplicada a 27 productores de chayote ubicados en los municipios de Ixtaczoquitlán, Coscomatepec e Ixhuatlán del Café en Las Altas Montañas de Veracruz. El cuestionario incluyó preguntas cerradas y de opción múltiple, agrupadas en cinco bloques temáticos: prácticas sostenibles, uso de tecnologías, canales de venta, percepción sobre la comercialización y necesidades de formación. Se utilizó un análisis descriptivo para sistematizar los datos y se contrastaron los resultados con literatura reciente en el área.

Resultados y discusión

Los resultados del diagnóstico permiten identificar tres dimensiones para el fortalecimiento de la producción de chayote (*Sechium edule Jacq.*) *Swartz* en las Altas Montañas de Veracruz: acceso a mercados, incorporación de tecnologías y adopción de prácticas sostenibles.

Las respuestas de la sección acceso a mercado, muestran que el 63% de los productores comercializan su producto a través de intermediarios, mientras que solo el 11% logra realizar ventas directas a las centrales de abasto de Puebla o Ciudad de México. Este predominio de intermediarios coincide con lo planteado por Magesa *et al*. (2020), quienes señalan que el acceso limitado a información y redes comerciales restringe la capacidad de negociación de los pequeños productores por su limitada articulación con el mercado y dependencia de terceros. Con respecto al uso de tecnologías, el 74% de los encuestados no emplea herramientas tecnológicas en sus procesos de producción. El 26% reporta uso tecnológico, considerando tecnologías avanzadas sensores o sistemas de riego automatizado. Esta cifra es considerablemente menor a lo documentado por Molina-Maturano *et al*. (2021), quienes dentro de sus resultados muestran una intención positiva hacia la adopción de aplicaciones móviles en productores mexicanos, aunque también identificaron barreras significativas relacionadas con la

alfabetización digital, la falta de infraestructura tecnológica y la resistencia al cambio, especialmente en contextos rurales. En este sentido, los hallazgos de esta investigación confirman que la brecha tecnológica no solo está relacionada con la disponibilidad de herramientas, sino también con factores socioculturales y estructurales que limitan su adopción efectiva.

Dentro del análisis de la sección de prácticas sostenibles, el 53% de los productores afirma conocer técnicas agroecológicas, sin embargo, solo el 28% las aplica de manera sistemática. Según las respuestas a la encuesta, las prácticas sostenibles más frecuentes son el uso de compostaje o abonos orgánicos, y la conservación del agua mediante riego racionalizado o aprovechamiento de lluvia. Esta brecha entre el conocimiento y la práctica es coherente con los hallazgos de Calleros-Islas (2017), quien destaca que las condiciones estructurales limitan la adopción efectiva de dichas prácticas en sistemas agrícolas tradicionales.

De igual manera los resultados sugieren que el fortalecimiento de la relación entre productor y consumidor puede representar una vía estratégica para mejorar la comercialización. En este sentido, Rojas-Villegas *et al*. (2022) proponen esquemas como los Sistemas de Garantía Participativa, los cuales promueven circuitos cortos, construyen confianza comunitaria y fomentan un modelo de comercialización más equitativo y sostenible.

Conclusiones

El diagnóstico participativo realizado con productores de chayote (*Sechium edule Jacq.*) *Swartz* en las Altas Montañas de Veracruz permitió identificar tres factores que limitan el desarrollo productivo y territorial el acceso a mercados justos, la incorporación de tecnologías en sus procesos de producción y la limitada aplicación de prácticas sostenibles Estos fueron seleccionados por su relación directa con los pilares del desarrollo sostenible: la viabilidad económica, la innovación tecnológica y la conservación ambiental. Además, emergieron consistentemente en los testimonios de los productores y en los resultados de la encuesta, lo que refuerza su relevancia en el contexto local.

Ante esta situación, se concluye que es necesaria una estrategia territorial integral que articule procesos de formación, extensión agroecológica y promoción comercial basada en circuitos cortos de confianza. Por lo que se propone el desarrollo de una estrategia de mercadotecnia social que no busque posicionar el chayote (ya reconocido en las Altas Montañas de Veracruz), sino que contribuya a su revaloración como un producto con identidad cultural, beneficios ambientales y fuerte arraigo comunitario.

La mercadotecnia social puede convertirse en una herramienta clave para impulsar el desarrollo regional con base en los valores del territorio. Por lo tanto, la estrategia debe orientarse a visibilizar el impacto positivo del consumo local, promoviendo prácticas de comercio justo, sostenibilidad agroecológica y fortalecimiento del tejido social. A través de mensajes claros, campañas educativas y colaboración entre productores, instituciones y consumidores.

En conjunto, estos resultados reflejan la necesidad de fortalecer las capacidades locales mediante estrategias contextualizadas que atiendan las dimensiones económicas, sociales, tecnológicas y culturales del sistema productivo del chayote. La información recopilada aporta insumos valiosos para el diseño de políticas públicas y programas de intervención con enfoque territorial y participativo.

Referencias bibligráficas

Calleros-Islas, A. 2017. The practice of sustainability in response to the challenges of agriculture in Mexico. International Journal of Sustainable Development and Planning, 12(3), 324–337.

Jiménez-Ortega, A. D., Aguilar Ibarra, A., Galeana-Pizaña, J. M. & Núñez, J. M. 2022. Changes over Time Matter: A Cycle of Participatory Sustainability Assessment of Organic Coffee in Chiapas, Mexico. Sustainability, 14(4), 2012.

Magesa, M. M., Mchechu, S. T. & Pazi, R. 2020. Access and use of agricultural market information by smallholder farmers. Information Development. https://doi.org/10.1002/isd2.12134

Molina-Maturano, M., Hernández, D. & Méndez, L. 2021. Understanding Smallholder Farmers' Intention to Adopt Agricultural Mobile Applications in Mexico. Agronomy, 11(2), 194.

Rojas-Villegas, A., Gómez-Limón, J. A. & Garcia-Nieto, P. 2022. Alternative Food Networks in Latin America: Participatory Guarantee Systems in Mexico, Chile and Bolivia. Agroecology and Sustainable Food Systems, 46(7), 813–835.

CARACTERIZACIÓN DE PEQUEÑAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINA DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA, MÉXICO

Raúl Ávalos-Castro[1*], José Benjamín Yam-Tze[2], Manuel Alejandro Nulutagua-Hernández[2] y Fernando Romero-Santillán[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Todos Santos. Edificio SADER modulo "C". Agricultura no. 1555 entre México y Durango, Col. Emiliano Zapata. CP 23070. La Paz, Baja California Sur, México.
[2]Prestador de servicios profesionales independiente.
[3]Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Dirección de Producción Primaria Sustentable. Av. Municipio Libre No. 377, Piso 3-B, Santa Cruz Atoyac, Alcaldía Benito Juárez, CDMX. CP. 03310, México.
[*] Autor para correspondencia: avalos.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Ovinocultura, Recursos genéticos, Manejo.*

Introducción

En México, la producción ovina se realiza, principalmente, bajo sistemas de pastoreo tradicionales, con escasa tecnología y baja productividad; en cuanto a la comercialización de carne en canal de ovinos, de los últimos 10 años, el volumen de producción promedio fue de 63 mil toneladas; en 2023, se produjeron 68 mil toneladas, cinco mil más que el promedio de los 10 años más recientes, una de las razones fue debido al incremento del 13.8% en el precio promedio pagado al productor (SIAP, 2024). Cuellar-Ordaz *et al.* (2012) consideran que la ovinocultura en México es una actividad económica agropecuaria que presenta una de las mejores tasas de rentabilidad y buenas perspectivas de crecimiento, mencionando que esta actividad ofrece posibilidades de incrementar el ingreso de las familias pobres involucradas. A pesar de ello, la información existente sobre la generación de tecnología en ovinocultura en México es poca, y la que existe se ha caracterizado por generar tecnologías sin considerar la tipología de los productores, o mejorar e impulsar las tecnologías para aquellos productores que cuentan con los recursos económicos para aplicarlas , por lo que, generar investigación sobre sistemas productivos en rebaños ovinos pequeños es conveniente, ya que, caracterizar estos sistemas, permitirán identificar áreas de mejora potencial (Martínez-Peña *et al*., 2018). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar pequeñas unidades de producción ovinas, existentes en la Mixteca oaxaqueña, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con la encuesta realizada a 24 productores de ovinos pertenecientes a los distritos de Tepscolula y Nochixtlán, de la Mixteca oaxaqueña, México; fueron seleccionados a través de un muestreo simple aleatorio para conocer aspectos socioeconómicos, características generales de las unidades de producción, prácticas de manejo y uso de componentes tecnológicos. Cada entrevista se inició con una presentación al productor de los objetivos de la encuesta, posteriormente, la información fue tomada por un técnico con conocimiento de las preguntas y entrenamiento previo. Las unidades de producción se localizan a una altitud de entre 1,200 a 2,300 msnm, con relieve montañoso (81.6%), clima frio y, en partes, extremadamente seco; las lluvias ocurren de junio a octubre. La precipitación media es de 1,550 mm. La vegetación es de bosque (37.8%) y pastizal (13.8%) inducido de Navajita, Estrella de África, Guinea y Jaragua. La información del cuestionario fue capturada y sistematizada en Excel para ser transformada a medias aritméticas y valores porcentuales.

Resultados y discusión

Las unidades de producción ovinas están integradas, principalmente, por hombres (71%). Los principales niveles de estudios son primarios (37.5%) y secundaria (37.5%), y el mayor número de productores esta entre las edades de 41 a 50 años, con un promedio general de 47.4 años. Martínez-Peña *et al*. (2018), en un estudio realizado con productores de ovejas en comunidades de la región Bajo Mixe, a diferencia con nuestro estudio, observaron que las unidades de producción estaban integradas principalmente por mujeres (55%), tenían estudios, principalmente, de primaria (67%) y una edad promedio de 51 años. Conocer el nivel de escolaridad en las unidades de producción es de importancia, debido a que el grado de estudios se relaciona de manera positiva con la adopción de tecnología (Orozco *et al*., 2008), por la mayor habilidad que se tiene para adquirir conocimientos al momento de recibir capacitación.

Las unidades de producción ovinas están integradas, principalmente, por hombres (71%). Los principales niveles de estudios son primarios (37.5%) y secundaria (37.5%) (Figura 1a), y el mayor número de productores esta entre las edades de 41 a 50 años (Figura 1b), con un promedio general de 47.4 años. Martínez-Peña *et al*. (2018), en un estudio realizado con productores de ovejas en comunidades de la región Bajo Mixe, a diferencia con nuestro estudio, observaron que las unidades de producción estaban integradas principalmente por mujeres (55%), tenían estudios, principalmente, de primaria (67%) y una edad promedio de 51 años. Conocer el nivel de escolaridad en las unidades de producción es de importancia, debido a que el grado de estudios se relaciona de manera positiva con la adopción de tecnología (Orozco *et al*., 2008) por la mayor habilidad que se tiene para adquirir conocimientos al momento de recibir capacitación.

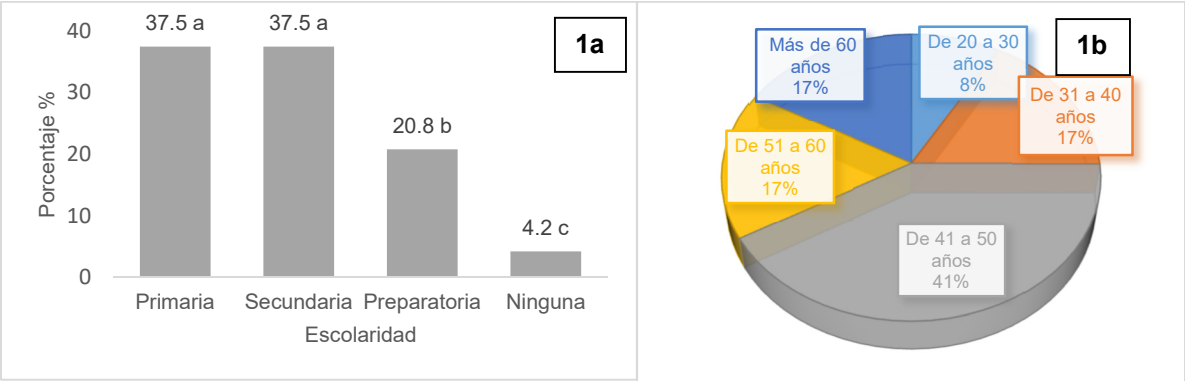


Figura 1. Escolaridad (1a) y edad (1b) de los productores de las unidades de producción ovina de la Mixteca oaxaqueña, México.

De cada 10 predios, 9 tienen borregos criollos. En total hubo 1,065 borregos registrados; de ellos, 720 fueron borregos criollos (7 de cada 10). Las cruzas más comunes fueron con Pelibuey, Suffolk y Dorper (Cuadro 1). Adicional al inventario ovino, que en promedio fue de 44 cabezas, el hato en las unidades de producción también cuenta con un promedio de 9 y 3 cabezas de caprinos y bovinos, respectivamente (Avalos *et al*., 2022). El peso registrado de ovinos criollos de esta zona, en etapa adulta, es de 27 y 35 kg en machos y hembras, respectivamente (Avalos *et al*., 2022). Peso que es significativamente inferior a cualquiera de las razas especializadas, pero que, comparativamente a éstas, tiene la ventaja de adaptación a las condiciones del entorno.

Cuadro 1. Conformación de las principales razas que integran los 24 rebaños ovinos de la Mixteca oaxaqueña, México.

Razas	Número de predios	Número de cabezas
Criollo	22	720
Criollo * Black Belly	6	32
Criollo * Dorper	7	78
Criollo * Hampshire	1	1
Criollo * Katahdin	4	15
Criollo * Pelibuey	12	104
Criollo * Suffolk	8	115
Total	24	1,065

El 54% de los productores dedica el 100% de su tiempo a la actividad ovina, y de ellos, el 46% lo realiza de forma extensiva. El fin de la producción es la venta de borregos para carne, de los cuales el 96% lo realiza a intermediarios. El 58, 92 y 33% de los productores apoyan la alimentación de sus rebaños con la siembra de trigo, maíz y forraje de diferentes pastos, en superficies de 0.60, 1.5 y 0.14 hectáreas, respectivamente. La superficie de terreno, donde pastorean sus rebaños, es comunal y en promedio de 12.3 hectáreas, de donde el 29% de ellos realiza prácticas de pastoreo rotacional.

De las prácticas de manejo, el 63% de los productores afirma llevar registro de sus animales y el 17% lotifica su rebaño; en cuanto a prácticas de alimentación, el 4% aplica selenio a los corderos, el 100% no suplementa a las hembras y machos previo al empadre (flushing), no realizan prácticas de conservación de alimento (henificación o ensilado), pero el 25% de ellos ofrecen forraje picado o molido y el 75% suplementa a su rebaño con sales

minerales. En reproducción, no revisan ni sincronizan celos, el 100% utiliza empadre natural y de ellos, el 8% lo hace de manera controlada; no hacen diagnóstico de gestación. En manejo sanitario, las únicas practicas realizadas son la desparasitación interna y la desinfección de ombligo a los corderos recién nacidos por el 96 y 8% de los productores, respectivamente. Para las campañas sanitarias, solo el 13% de los productores las aplica. Se pudo observar que un número importante de ellos no realizan prácticas de manejo, actividades que les pudieran ayudar a mejorar significativamente su actividad. En este sentido, Martínez-Peña *et al*. (2018) observaron que, una de las principales causas de la baja aplicación de tecnologías, era debido a que el 95% de los productores de la zona Mixe de Oaxaca no han participado en programas para aumentar su productividad ovina, lo cual coincide por lo observado por otros autores como Cuéllar-Ordaz *et al*. (2012).

Conclusiones

La actividad ovina en los municipios que ocupan los distritos de Teposcolula y Nochixtlán, en la Mixteca Oaxaqueña, están representados principalmente por hombres, que cuentan con educación de primaria y secundaria, principalmente; sus rebaños están conformados, en mayor número, por ovinos criollos, seguido de estos con sus cruzas de Pelibuey y Suffolk; y mantienen un nivel bajo de desarrollo y adopción de tecnología.

Referencias bibliográficas

Ávalos-Castro, R., Segura-Correa, C., Palacios Espinoza, A. and Romero-Santillán, S.F., 2022. Growth curves through non-linear models in creole lambs from the Mixteca region of Oaxaca, Mexico. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 25(2).

Cuéllar-Ordaz J. A., Tórtora-Pérez J., Trejo-González A. y Román Reyes P. (2012). La producción ovina mexicana. Particularidades y complejidades. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Martínez-Peña, M., Villagómez-Cortés, J. A. & Mora-Brito, Á. H. (2018). Rentabilidad del sistema de producción ovina en el bajo mixe, Oaxaca, México. *Agrociencia*, (*52*):107-122.

Orozco C., S., L. Jiménez S., N. Estrella C., B. Ramírez V., B.V. Peña O., A. Ramos S. y G. Morales. (2008). Escuelas de campo y adopción de ecotecnia agrícola. Ecosistemas (17):94-102.

Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Panorama agroalimentario, la ruta de la transformación agroalimentaria 2018 – 2024. Agricultura, México. 158-160.

TIPIFICACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE TLACHICHILCO, VERACRUZ

Vianeth Méndez-Cortés[1*], José Alberto García-Salazar[2], Cesar Enrique Martínez Sánchez[3] y Ariadna Faride Alanís Castillo[4]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan Carretera Tuxpan Tampico Kilómetro 7.5, C.P. 92870. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México.
[2]Programa de Economía-Colegio de Postgraduados. Carretera Méxi-co-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230.
[3]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan Carretera Tuxpan Tampico Kilómetro 7.5, C.P. 92870. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México.
[4]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan Carretera Tuxpan Tampico Kilómetro 7.5, C.P. 92870. Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: vimendez@uv.mx

Palabras clave: *Índice tecnológico, Subsistencia, Transición, Componentes principales.*

Introducción

La producción de café en el Estado de Veracruz se obtiene en 82 municipios donde habitan cerca de 86 mil productores, dentro de los que se incluyen los pueblos indígenas náhuatl, totonaca y popoluca. Las principales características de la producción de café en el estado son las siguientes: la producción se desarrolla en pequeños predios ubicados en las zonas altas, las unidades productoras se ubican en zonas indígenas con algún grado de pobreza y marginación, muchas de las familias dependen de esta actividad y la producción de café es una actividad captadora de divisas (Hermida, 2018). Tlachichilco ubicado en la zona norte del estado de Veracruz es de los municipios productores de café. El municipio cuenta con una superficie de 226 km², 64 comunidades y una población de 10,900 habitantes, de los cuales 48.7% son hombres y 51.3% son mujeres. El municipio se ubica a 790 msnm, y la mayoría de la población habita en localidades rurales, donde existe un alto número de migración en temporadas cuando hay poco trabajo en el campo. En Veracruz las unidades de producción cafetaleras presentan una gran heterogeneidad, desde el envejecimiento de la planta productiva, limitada capacidad financiera y técnica, así como de comercialización (Ávila-Foucat, 2017). La tipología de productores es una de las técnicas más utilizadas en el diseño de programas diferenciados para el sector agropecuario, su éxito depende de la eficiencia para la estratificación adecuada. Los productores heterogéneos de una misma región geográfica, no deben tratarse como homogéneos, se deben diseñar políticas agropecuarias diferentes, la elaboración de tipologías permite que los productores agropecuarios identifiquen potencialidades y limitaciones. Por lo anterior el objetivo de la investigación fue realizar una tipificación de las unidades cafetaleras en el municipio de Tlachichilco, al norte de Veracruz, que sirva de base para determinar las diferencias existentes entre los productores y analizar la actividad económica con el fin de diseñar políticas gubernamentales que mejoren la calidad de vida de los habitantes.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Tlachichilco ubicado en la zona norte del estado de Veracruz. Para realizar la investigación se aplicó un cuestionario estructurado en siete apartados, donde se consideró la identificación del productor, caracterización de la unidad de producción familiar de frutales, comercialización, otros datos relevantes que apoyan al cultivo, disponibilidad de recursos e infraestructura y la caracterización técnico-productiva. La recolección de información se realizó en los meses de enero a marzo 2022, mediante un cuestionario dirigido a pequeños productores que cuenten con fincas cafetaleras. La información se obtuvo de encuestas semi-estructuradas aplicadas a 54 cafeticultores, seleccionados mediante un muestreo por conveniencia. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y se elaboró un Índice Tecnológico (IT). Para el análisis de conglomerados se utilizó el procedimiento Cluster y el método Wardy del paquete estadístico SAS.

Restultados y discusión

De los 54 productores entrevistados en la región de estudio, el 85% son del sexo masculino y el 15% del femenino, con edad promedio ambos de 62 años. La escolaridad de los cafeticultores del municipio de Tlachichilco es en promedio de 4.1 años de estudio, lo que corresponde a un nivel básico de hasta cuarto año de primaria, similar al reportado por Benítez-García *et al.* (2015), en un estudio realizado de cafeticultores del municipio de Cuetzalan, Puebla.

Cuadro 1. Variables principales por tipo de productores del municipio de Tlachichilco, Veracruz.

Variable	Grupo 1 64.80% Subsistencia	Grupo 2 29.60% Intermedios	Grupo 3 5.50% En transición
Edad (años)	58.8	62.2	56
Escolaridad (años)	4.5	3.3	3
Porcentaje de autoconsumo (%)	12	20.9	18.3
Variedad de café	1.7	2	2
Superficie de café (ha)	1.2	2	2
Rendimiento (ton/ha)	160.7	793.7	1400
Precio de venta del café ($/kg)	12.6	26.5	35
Ingresos por venta ($)	1,908.2	20,625	49,000
Índice tecnológico	1.5	2.8	3.0

Los resultados que se presentan en el cuadro 1 representan la existencia de tres tipos de productores catalogados como minifundistas. Los resultados sobre el número de tipologías encontradas en esta investigación son similares a las identificadas por Rosales-Martínez *et al.* (2018) para el Distrito 005 de Fortín, Veracruz. El último estudio identificó tres tipologías de cafeticultores y analizó la relevancia del papel de la mujer y de los jóvenes en las estrategias productivas y de supervivencia en la cafeticultura campesina. En los resultados de las tipologías encontradas se relacionan la superficie sembrada del cultivo y el nivel tecnológico de los productores, dada la restricción de recursos, y el contexto socioeconómico de los productores, se logran encontrar similitudes para los cafeticultores a nivel nacional. En esta región de estudio los productores de los tres estratos no cuentan con tecnología para la producción, las actividades se realizan con lo necesario para cultivar; por lo tanto, es necesario brindar asesoría técnica especializada y capacitación de seguimiento para la repoblación de cafetales, promover el uso de la tecnología de maquinaria y equipo para modernizar los procesos productivos (Villareal, 2023).

Conclusiones

A través del análisis de componentes principales se identificaron tres tipos de productores de café en el municipio de Tlachichilco, Veracruz. El primer grupo denominado de subsistencia concentra más del 60% de los productores, cultivan la variedad Costa Rica 95 en predios menores a tres ha con un bajo rendimiento. El segundo grupo denominado intermedio representa casi la tercera parte de los productores y se caracteriza por presentar un Índice Tecnológico por debajo de la media. El tercer grupo denominado de transición constituyó el 5.5%, y en se encuentran productores con el mayor de ingreso, así como el mayor precio de la variedad Oro Azteca. Para los tres grupos productores dedicados a la cafeticultura la edad fue un factor dominante, en su mayoría son productores de edad avanzada, que están motivando a las nuevas generaciones a trabajar en los cafetales, con la finalidad de obtener mayores ingresos. La tipología de productores es una fuente de información útil para la toma de decisiones que permitan definir las actividades para potencializar el desarrollo de las principales zonas productoras.

Referencias bibligráficas

Ávila-Foucat, V.S. 2017. Desafíos del sector primario y políticas públicas sustentables. Economía Informa, 402:29-39.

Benítez-García, E.B., Jaramillo-Villanueva, J.L., Escobedo-Garrido, S. y Mora-Flores, J.S. 2015. Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 12:181-198.

Hermida, R.C.H. 2018, 23 de noviembre. Café de Veracruz, el de mayor calidad en el país Universo. Sistema de noticias de la UV. https://www.uv.mx/prensa/reportaje/cafe-de-veracruz-el-de-mayor-calidad-en-el-pais/

Rosales-Martínez, V., Martínez-Dávila, P., Osorio-Acosta, F., López-Romero, G., Asiaín-Hoyos, A. y Estrella-Chulím, N. 2018. Aspectos culturales, sociales y productivos para una tipología de cafeticultores. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 15(1):47-61.
Villareal, A.J.G. 2023. Comercialización y producción de café, un análisis cultural en la zona de Hidalgo, México. South Florida Journal of Development, 4(3):1164-1182.

Agradecimientos
A los productores de café del municipio de Tlachichilco, Veracruz, por su amable disposición y participación en las entrevistas realizadas.

ESPECIFICACIONES DE LA COMPRA DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS POR RESTAURANTES DE LA ZONA TURÍSTICA VERACRUZ-BOCA DEL RIO

Omar Antonio Cárdenas-Méndez[1], Carmen Aridai Hernández-Estrada[2]* y Patricia Devezé-Murillo[3]

[1]Licenciatura en Agronegocios, en la facultad de Veterinaria de la Universidad Veracruzana
[2]Investigadora en el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP *Autor de correspondencia
[3]Licenciatura en Agronegocios, en la facultad de Veterinaria de la Universidad Veracruzana
*Autor para correspondencia: carmenaridaihernandez@gmail.com

Palabras clave: *Producción, Comercialización, Frutas, Hortalizas.*

Introducción

Los canales de comercialización directos que conecten al productor con un consumidor final nos llevan a conocer los requerimientos del consumidor. Los hoteles y restaurantes son un tipo de consumidor a través de compras consolidadas para abastecer el servicio que brindan en zonas turísticas (Vilorio Castillo *et al*., 2019). Una ventaja de la producción y comercialización en circuitos cortos es mantener el dinero a nivel local, generando un efecto multiplicador monetario que fortalece la economía local al reinvertirse en otros servicios y productos (Gasparrini *et al*., 2022) .

Veracruz es la entidad que ocupa el segundo lugar en producción nacional agropecuaria y tercero en pesquera con 31.5 millones de toneladas, los principales cultivos son caña de azúcar, piña, limón, arroz con cáscara, papaya, sandía, copra, maíz en grano, entre otros(INEGI, 2023). La zona conurbada Veracruz-Boca del Río registra el mayor número de habitantes del estado (INEGI, 2023a) y por su característica eminentemente urbana, es receptora de diversos productos agrícolas provenientes de diferentes regiones del propio estado y de otras entidades del país.

El consumo de productos agrícolas en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, fue bosquejado por Macip *et al.* (2023) quienes aportan el resultado de un diagnóstico del perfil socioeconómico de consumidores finales de productos agropecuarios locales.

La importancia de frutas y hortalizas locales colocadas en restaurantes es señalada por (Pérez Alamilla, 2020) donde hace referencia a lo largo de su obra la apreciación por parte de los chefs de insumos producidos en la región, los cultivos históricos en la región, como la caña de azúcar, chicle, chile habanero, y los platillos locales que utilizan la producción local, a pesar de que la zona turística de Cancún, en sus orígenes importaba la mayoría de productos de ciudad de México.

El sector agrícola en Veracruz es clave para la promoción de agronegocios en especial los relacionados con problemas de mercado. Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo es identificar los productos agrícolas que consume el sector restaurantero y cuáles son de origen local a través de entrevistas a los restauranteros para caracterizar el consumo de productos agrícolas en restaurantes de la zona turística Veracruz-Boca del Rio.

Materiales y métodos

Este es un trabajo descriptivo en el cual se considera como “área o ámbito local” a las transacciones que se realizan en lugares próximos a los centros de producción agrarios, ganaderos y pesqueros, en los que se efectúa la primera venta de estos productos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2018). En complemento a esta definición, con la intensión de acotar dicha proximidad geográfica se considerará como producto local todo aquel que provenga desde cualquier punto en un radio de 50 kilómetros (Figura 1). Se consideraron los municipios incluidos en dicha área o aquellos que más de la mitad de la superficie del municipio está dentro de los 50 km. Son 12 municipios los que reúnen el criterio.

Diseño de investigación. La investigación del presente trabajo es de tipo cualitativa incluyó una revisión bibliográfica, posteriormente se obtuvo la información de campo recopilada de cinco restaurantes de la zona turística de la conurbación Veracruz-Boca del Río. La obtención de la información de campo incluyó dos cuestionarios. Las zonas turísticas reconocidas se observan en la Figura 2.

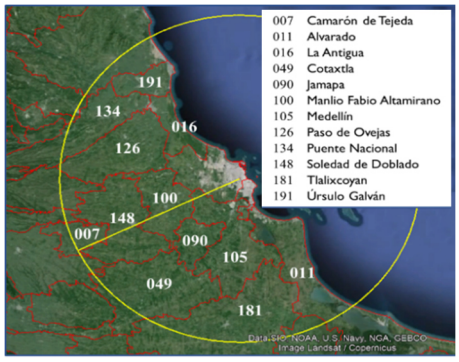


Figura 1. Municipios dentro del radio de 50 km de distancia a la zona conurbada Veracruz, Fuente: elaboración propia.

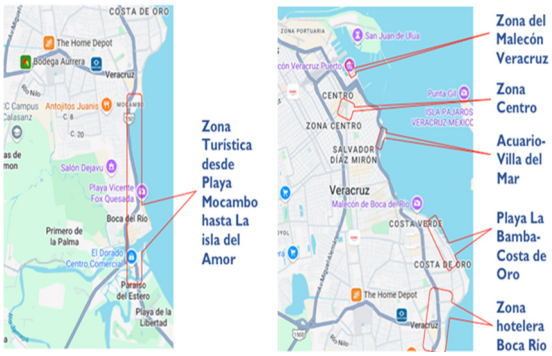


Figura 2. Zona turística Veracruz-Boca del Río Fuente: elaboración propia.

Muestra. Se seleccionaron negocios diferenciándolos por el precio de sus platillos: el más barato, el precio de un platillo típico y el precio del más alto. Se encuestaron dos restaurantes precios caros (RC1 y RC2) dos de precios medios (RM1 y RM2) y uno de precios económicos (RE1). Se encuestaron también a cuatro proveedores.
Herramienta. El cuestionario para restaurantes consto de tres secciones: información general del establecimiento, conocimiento e interés en la trazabilidad de los productos agrícolas, aspectos a considerar en el proceso de compra y acuerdos con proveedores. Las preguntas fueron hechas utilizando una escala de Likert en una escala de 1 a 4, fueron codificadas en escala ordinal de la siguiente forma: totalmente en desacuerdo = 1, parcialmente en desacuerdo = 2, parcialmente de acuerdo = 3 y totalmente de acuerdo = 4.
El cuestionario para proveedores mencionados por los restauranteros consto de nombre del establecimiento y reconocer los productos que provienen de los 12 municipios delimitados.
Análisis de la información. Fue capturada en una hoja de Excel y se realizaron gráficos radiales descriptivos y se homologaron los valores de los atributos en una escala de cuatro niveles.

Resultados y discusión
Los restaurantes encuestados no están familiarizados con reconocer el origen de los productos agrícolas, priorizan la relación y vinculo comercial con sus proveedores, depositan su confianza en dichos comercializadores, asumen que los productos agrícolas que les entregan tienen la calidad y formas de producción adecuadas para el consumo humano. Solo uno de los restaurantes señaló el interés en la trazabilidad y por alinearse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y pretende integrarlos a la filosofía de la empresa.
Se consideraron cuatro atributos de calidad según calibres, madurez, apariencia y tipo de producción; la Figura 3 muestra el tipo de producción no es algo en lo que los restaurantes encuestados se involucren.

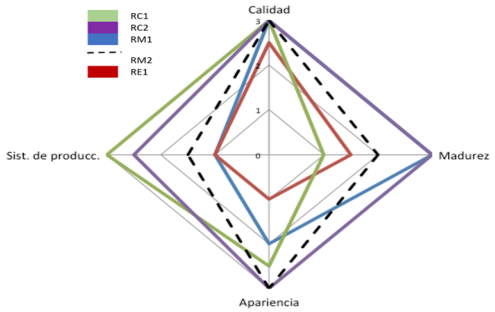


Figura 3. Atributos que priorizan los restaurantes de los productos agrícolas. Fuente: elaboración propia.

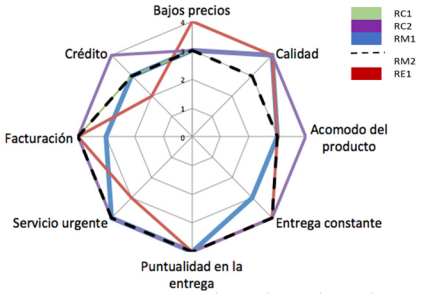


Figura 4. Elementos que los restaurantes toman en cuenta para seleccionar a sus proveedores.

De la relación entre el restaurante y los proveedores los aspectos como facturación y puntualidad en la entrega es de interés común independiente al segmento de restaurante. Los restaurantes económicos hacen poco uso del crédito, pero si acuerdan hacer transacciones al contado lo que consideran favorece el que les proporcionen

productos de calidad y agilidad en la entrega. Sin embargo, sí se fijan en el precio de los productos que adquieren, donde los precios de los platillos son promedio hacen más uso de compras urgentes o servicios de último momento.

El restaurante se da a la tarea de comparar precios, se observó que los que tienen precios más altos en sus platillos exigen más a los proveedores, la operatividad de los restaurantes empieza con la recepción de productos desde las 7:00 y hasta las 14:00 horas de forma diaria entre semana. Los restauranteros están conscientes de la temporalidad del abasto de los productos agrícolas. Los momentos de mayor demanda es en días festivos y periodos vacacionales de semana santa, verano y navidad. Los productos que más demandan los restaurantes de la zona turística Veracruz-Boca del Rio son verduras tales como la lechuga, tomate, cebolla, ajo, aguacate, zanahoria, pepino. Las frutas con mayor demanda son la piña, melón, la papaya, naranja y el limón agrio.

Del origen local de los productos los proveedores ubicados en el mercado Malibrán de Veracruz, aunque no mencionaron las temporadas por productos si mencionaron los municipios de abasto (Cuadro 1), también reconocieron que se abastecen de las centrales de abasto de Puebla y Ciudad de México, aunque mencionaron no hacer diferenciación por el precio de los productos ellos están interesados en tener productos que ofertar. De los 12 municipios considerados sólo cinco abastecen a algunos locatarios del mercado Malibrán. De los productos agrícolas identificados sólo el limón, la flor de calabaza, la papaya y la piña, en ese orden, representan el valor más alto. Otros como la hoja de plátano y las verdolagas tienen un menor valor económico, pero sí un alto valor cultural, en la elaboración de tamales al estilo muy típico de la región sur-sureste del país donde se localiza la entidad veracruzana.

Cuadro 1. Identificación del origen local de los productos agrícolas en el mercado Malibrán de Veracruz.

Municipio de procedencia	Producto agrícola
Jamapa	Verdolagas
Manlio Fabio A.	Hoja de plátano y albahaca
Medellín	Flor de calabaza, piña
Paso de Ovejas	Hoja de plátano, chile habanero y jalapeño
Soledad de Doblado	Limón agrio
Úrsulo Galván	Papaya

Conclusiones

El sector restaurantero no está interesado en conocer el origen de los productos. Incluso los proveedores pueden favorecer el envió de productos veracruzanos fuera de Veracruz o del radio que en este estudio se consideró como local. Promover la relación de productores para una entrega directa a restaurantes debe considerar el uso del crédito y la facturación por este tipo de consumidores.

Referencias bibliográficas

Gasparrini, G. R., Peiretti, J., Suarez Fossaceca, G., & Lorusso, A. 2022. Sistemas agroecológicos de producción y consumo de alimentos: una caracterización de los formatos de comercialización en Córdoba. Otra Economía, 15(28), 201–218.

INEGI. 2023. Encuesta Nacional Agropecuaria 2022.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2018). Manual 5: el mercado y la comercialización.

Macip-Hernández, G. Hernández-Estrada, C. y Devezé-Murillo, P. (2023). Caracterización del consumidor final de productos agropecuarios locales en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. pp. 1865-1875. In Ciencia y Tecnología para un campo productivo y sustentable.

Pérez Alamilla, M. I. 2020. La cocina cotidiana de Quintana Roo (Plumas Negras, Ed.; Primera edición).

Vilorio Castillo, B. M., Hernández Estrada, C. A., & Mora Brito, Á. H. 2019. Productos agropecuarios: una oportunidad de agronegocio en hoteles de la zona turística Veracruz-Boca del Río. In Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuicola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático (pp. 1394–1410).

PERCEPCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES DE MAÍZ DE VERACRUZ

Jaime Rangel-Quintos[1]*, Venancio Cuevas-Reyes[1], Dolores Briones-Reyes[1], José Luis Jolalpa-Barrera[1] y Enrique Buendía-Rodriguez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
*Autor por correspondencia: rangel.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Variaciones climáticas, Análisis clúster, Estrategias de mitigación*.

Introducción

Las temperaturas extremas y los patrones climáticos irregulares, son consecuencia del cambio climático; si bien los cambios pueden deberse a causas naturales, estos pueden generarse por actividades humanas. Estos efectos implican desafíos para la producción en los diferentes sistemas agroalimentarios para que integren estrategias como buenas prácticas de producción y mejoramiento de las políticas públicas que aumenten la capacidad de resiliencia (FAO, 2024). El maíz es uno de los alimentos más importantes en México, es utilizado tanto en el consumo humano como animal, donde cada vez es mayor el consumo nacional aparente debido principalmente a la diversidad de usos (García *et al*., 2023). El crecimiento de la demanda indica que si no aumenta la producción se corre el riesgo de aumentar el índice de dependencia alimentaria y disminuir el índice de autosuficiencia alimentaria. El abasto al mercado nacional es realizado por alrededor de 2.6 millones de pequeños productores que cultivan maíz en superficies menores a cinco hectáreas, la mayoría de ellos proveniente de comunidades rurales (Jaramillo *et al.,* 2018). El maíz es un cultivo sensible a los efectos del cambio climático, el cual puede provocar variaciones en ciclos de siembra, afectando la programación, los costos de producción y los rendimientos, teniendo un efecto directo en la sostenibilidad de los medios de vida de los productores involucrados (García *et al*., 2023), por lo que se requiere implementar estrategias de mitigación para mejorar la productividad y aumentar la capacidad de resiliencia (Cruz *et al*., 2024). Veracruz es el tercer estado de la república con la mayor superficie sembrada de maíz con alrededor de 601 mil has, sin embargo, en volumen de producción es el onceavo en el país, lo cual se relaciona con bajos niveles de rendimiento del cultivo y limitada tecnología. El presente estudio tuvo como objetivo identificar la percepción de pequeños productores de maíz sobre los efectos del cambio climático y posibles estrategias de su mitigación en tres regiones del estado de Veracruz.

Materiales y métodos

Para seleccionar la muestra, se utilizó muestreo no probabilístico e intencional (Hernández, 2021). Durante el mes de agosto y septiembre de 2024. El estudio se realizó en tres regiones del estado de Veracruz (centro, norte y sur).

Cuadro 1. Distribución de los productores de la muestra por región y grupo de productores (N=102).

Regiones/municipios	G1	G2	G3	Total
Centro				
Cotaxtla, Jamapa, Manlio Fabio Altamirano, Tierra Blanca	20	8	4	32
Norte				
Platón Sánchez, Panuco, Tantoyuca, Tempoal, El Higo	5	0	35	40
Sur				
San Juan Evangelista, Hueyapan de Ocampo	20	8	2	30
Totales	**45**	**16**	**41**	**102**

La información se obtuvo a través de una encuesta a 102 productores de maíz de temporal beneficiarios del Programa de Producción para el Bienestar (Cuadro 1). El cuestionario contenía tres secciones: a) características sociales del productor (edad, escolaridad, número de miembros totales en su familia), b) sistema de producción (dosis de siembra de maíz, producción, superficie sembrada y rendimientos) y c) conocimiento y percepción del cambio climático y sus efectos en la producción de maíz. Se utilizaron métodos multivariados para agrupar productores con características semejantes. El criterio de agrupación fue el método de vinculación de Ward y la medida de asociación fue la distancia euclídea al cuadrado. Los análisis fueron realizados con el software SPSS

27.0 para Windows. La muestra se clasificó en tres grupos de productores de 11 municipios (Cuadro 1). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de varianza para detectar si hubo diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Resultados y discusión

El 85.3% de los entrevistados eran de sexo masculino, y el 14.7% femenino. En los grupos 1 y 3 predominó el nivel de estudio de primaria completa e incompleta, mientras que en el grupo 2, el 50% de la población tenían estudios de primaria y secundaria. Por otro lado el 51% de los terrenos de los productores son propiedad privada y el 25% ejidal.

En el Cuadro 2 se muestran las variables socioeconómicas de los encuestados. El grupo 1 se distingue por ser el de mayor producción y productividad, mientras que el grupo 3 mostró la menor producción y productividad.

Cuadro 2 Variables socioeconómicas de productores encuestados (N=102).

Variables	G1	G2	G3	Total
Productores encuestados	45	16	41	102
Edad (años)	55.2^{ab}	51.7^{a}	59.3^{b}	56.3
Tiempo sembrando maíz (años)	25.9^{b}	24.8^{ab}	20.7^{a}	23.7
Superficie total disponible (ha)	9.6^{b}	12.2^{b}	4.1^{a}	7.8
Superficie maíz sembrada	4.3^{b}	6.5^{c}	1.8^{a}	3.6
Producción total de maíz (Ton)	14.4^{b}	26.1^{c}	2.6^{a}	11.4
Rendimiento t/ha	9.7^{b}	4.7^{ab}	1.3^{a}	5.6

a, b y c muestra diferencias entre la variable ($p<0.05$).

El 57% de los productores encuestados manifestó tener conocimiento de qué es el cambio climático, destacando un poco más en los grupos grupos 2 y 3, la mayoría de los productores también indicó haber tenido cambios en los rendimientos en especial grupo 2 y grupo 3. Sin embargo, los productores del grupo 3 manifestaron cambiar poco de semillas. Casi la totalidad de los productores indicaron percibir cambios en las condiciones climáticas en las estaciones del año, también percibieron aumento de sequía y de plagas especialmente gusano cogollero (*Helicoverpa armígera*) y gusano medidor (*Mocis latipes*). Los productores manifestaron aplicar muy pocas medidas contra el cambio climático, destacando que para los grupos 1 y 2 solo 11% y 25% respectivamente mencionó reforestar, mientras que para el grupo 3 lo más importante es el cuidado del agua (26.8%). Las principales estrategias señaladas que pudieran realizarse para mitigar los efectos negativos al cambio climático para el grupo 1 (28.6%) y grupo 2 (25%) son el cuidado del agua. No aplicar agroquímicos (grupo 1, 26.2%; grupo 2, 18.8%; grupo 3, 15%) y no contaminar con basura (grupo 1, 11.9%; grupo 2, 12.5%; grupo 3, 35%), cabe destacar que el grupo 3 fue el que expresó menos propuestas de mitigación.

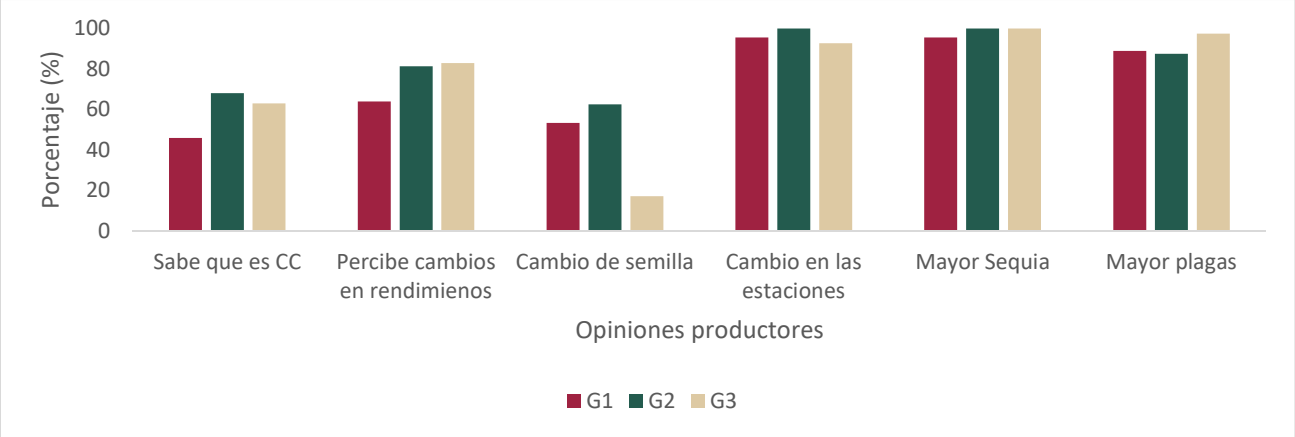


Figura 1. Percepción de productores sobre aspectos de cambio climático (CC). G1: grupo 1; G2: grupo 2 y, G3: grupo 3.

Conclusiones

Los productores encuestados en las tres regiones de Veracruz perciben que si hay afectaciones por el cambio climático en la producción especialmente en la disponibilidad de agua. Sin embargo, cuentan con conocimientos limitados para hacer frente al desafío, por lo que es necesario un acompañamiento técnico mucho más cercano de acuerdo al tipo de productor y el apoyo de la investigación y transferencia de tecnología para hacer frente a este desafío.

Fuente financiadora

Proyecto: “La percepción de los productores de maíz, sobre los efectos del cambio climático y la adopción de semillas mejoradas en tres regiones agroecológicas en los estados de Tlaxcala, Estado de México y Veracruz”, No. SIGI 1474736477. Financiamiento Fiscal.

Referencias bibliográficas

Cruz G., A., Arteaga R. R., Sánchez C.I., Soria R. J., y Monterroso R. A. I. 2024. Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 15(1).

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2024. Estrategia De La FAO Sobre El Cambio Climático 2022-2031. FAO. Roma, 2024

García S. J. A., Ramírez J. R., Ávila S. E. y Ramírez B.B.A. 2023. ¿Es posible disminuir la dependencia alimentaria de maíz en México? Revista fitotecnia mexicana, 46(3): 299-307.

Hernández G.O. 2021. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Revista Cubana de Medicina General Integral, 37(3):e1442.

Jaramillo A.J.G., Peña O.B.V., Hernández S.J.H., Díaz R.R., y Espinosa C.A. 2018. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(5): 911-923.

COSTO DE PRODUCIR UNA VAQUILLA DE REEMPAZO EN LECHERIA FAMILIAR EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO

Alejandra Vélez-Izquierdo[1*], Mario Alfredo Espinosa-Martínez[1], Fernando Villaseñor-González[2], Felipe de Jesús Ruíz-López[1] y José Antonio Espinosa-García[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Fisiología y Mejoramiento Animal,
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Altos de Jalisco.
*Autor para correspondencia: velez.alejandra@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Economía pecuaria, Leche de bovino, Tecnología.*

Introducción

En 2023 en México, la producción de leche de bovino fue de 13,332.7 millones de litros con 2.8 millones de vacas en ordeña, y 231,448 unidades de producción. A nivel nacional, Jalisco ocupa el primer lugar tanto en producción como en número de vientres y el segundo en unidades de producción (26,213); cuentan en promedio con 15 vientres que producen 19.1 litros por vaca por día (SIAP, 2025). Estos datos muestran la importancia de la actividad lechera en Jalisco, donde predomina el sistema de producción familiar o de pequeña scala. Los Altos es una de las regiones lecheras más importantes del país, sin embargo, los niveles de productividad y de uso de tecnología, son bajos; De acuerdo a Mariscal *et al*. (2017) los principales problemas que enfrentan los productores de leche de la región, están relacionados al alto costo de los insumos, los problemas de comercialización y otras amenazas.

Barrón *et al*. (2025), señalan que hay suficiente información sobre el comportamiento productivo y económico durante el desarrollo de las vaquillas de reemplazo, para determinar si es más redituable producir o comprar sus vaquillas de reemplazo, como lo hacen en Estados Unidos y Canadá. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue estimar los costos de producción de una vaquilla de reemplazo en el sistema de lechería familiar de la región de Los Altos de Jalisco, que aporte elementos económicos para apoyar la toma de decisiones de los ganaderos de esta Región.

Materiales y métodos

Se diseñaron formatos de seguimiento mensual técnico-productivos y económicos en el programa Excel ®, implementados de 2019 a 2022 en tres unidades de producción representativas del sistema de lechería familiar (o de pequeña escala) ubicados en el municipio de Tepatitlán, Jalisco. La unidad de análisis fue la vaquilla, obteniendo información de 297 animales. La información fue recabada por un técnico para posteriormente ser concentrada y analizada. La estimación del costo total se obtuvo al aplicar la siguiente expresión algebraica: $CT = CV + CF = Pr_{i\ldots n} * Q_{i\ldots n} = \left(Pr_{leche} * Q_{leche} + Pr_{sustituto} * Q_{sustituto} + Pr_{forraje} * Q_{forraje} + Pr_{concentrado} * Q_{concentrado} + Pr_{vacunas,desparasitantes\ y\ medicamentos} * Q_{vacunas,desparasitantes\ y\ medicamentos}\right) + CF$. Como costo fijo en el corto plazo se consideró la fracción proporcional de la depreciación de los vientres. Los costos de producción se obtuvieron por etapa divididas en: a) lactancia de los 0 a los 60 días, b) Post lactancia a 6 meses, c) de 12 a 18 meses y d) de 18 meses-primer parto. Los costos obtenidos se actualizaron al año 2024 con la tasa de inflación anual reportada por el INEGI. De los formatos de seguimiento técnico se identificaron las actividades y tecnologías orientadas a la crianza de vaquillas que realizan e implementan los productores, medidas con una variable dicotómica, cuantificando con 1 las actividades realizadas y con 0 las no realizadas. Con esta información se obtuvieron porcentajes y promedios.

Resultados y discusión

Las tres unidades de producción en estudio ubicadas en el municipio de Tepatitlán, Jalisco, contaban con un total de 743 vacas, de las cuales 402 eran consideradas por los productores por altas productoras, 141 con producción media, 105 baja producción y 95 secas. En promedio el tamaño de hato productivo fue de 248 animales. Estos productores son representativos del sistema, pero también en la actitud de implementar tecnología en sus unidades de producción.

Las tecnologías y actividades realizadas para asegurar un buen desarrollo de las becerras y vaquillas que llegarán a formar parte de la producción y de los activos de los productores en el mediano y largo plazo fueron 43,

agrupadas en: alimentación, generación de reemplazos, gestión, manejo general, reproducción y genética y salud animal (Figura 1), de las cuales en 2019 realizaban del 60 al 80% (Figura 2).

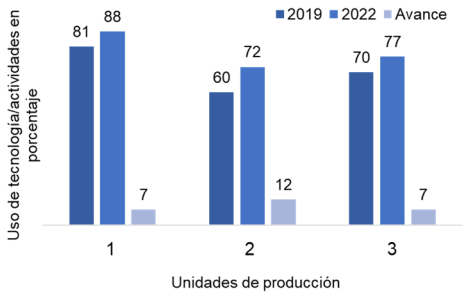


Figura 1. Porcentaje del uso de tecnologías/actividades.
Fuente: Elaboración propia con información de formatos de seguimiento.

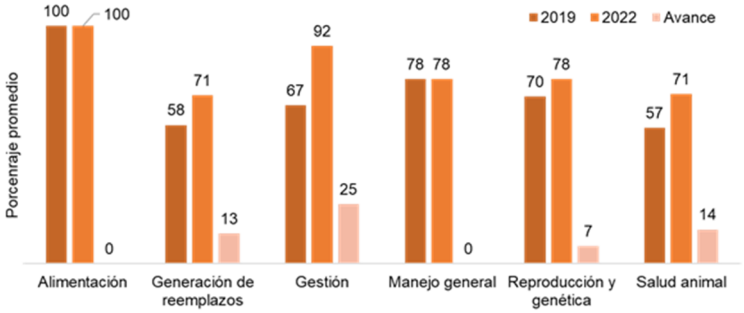


Figura 2. Uso de tecnologías/actividades y avance promedio en porcentaje, 2019-2022.
Fuente: Elaboración propia con información de formatos de seguimiento.

En el área de alimentación, los productores desde el 2019 que inició la toma de datos, ya realizaban y habían implementado el 100% de las tecnologías y fue en el área de Gestión, donde se observa el mayor avance, con el 25% al implementar registros técnicos, productivo y económicos; en salud animal el avance fue del 14% (Figura 2). Por estos datos, se podrían considerar unidades de producción con un nivel tecnológico alto, dado que productores de leche de Guanajuato en el mismo sistema de producción, utilizaban tecnología en un rango del 66 al 100% (Vélez *et al.,* 2013) y en doble propósito para unidades de producción de pequeña escala el uso de tecnología en general es mayor al 50% (Espinosa *et al.*, 2018). Sin embargo, estos productores usan más tecnología y realizan más actividades en el área de alimentación y reproducción y genética a lo reportado por Vélez *et al.* (2013), con porcentajes del 64% y del 69% respectivamente y coincide en el avance en salud animal con más del 50%. Las tecnologías y actividades orientadas específicamente para la generación de reemplazos tuvieron un avance del 13% y lo realizaban el 71% de los productores para 2022, igualmente un porcentaje sobresaliente. En promedio los productores contaban con 99 animales para el reemplazo de vaquillas y en total 297 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Animales destinados para el reemplazo de vaquillas en 2022 por unidad de producción.

Mes y año	Becerras en lactancia	Crianza 3-6 meses	Crianza 6-12 meses	Crianza 12-18 meses	Crianza 18 meses-parto	Total
UP1_Mayo de 2022	15	15	12	29	22	93
UP 2_Mayo de 2022	5	26	27	28	25	111
UP3_Mayo de 2022	3	17	31	18	24	93
Total	23	58	70	75	71	297
Promedio	8	19	23	25	24	99

Fuente: Elaboración propia con información de formatos de seguimiento.

El costo promedio de obtener una vaquilla de reemplazo al primer parto a precio de 2024 es de $37,789, y se observa congruencia en el incremento de los costos en función del crecimiento fisiológicos de los animales a lo largo de tiempo (Cuadro 2).
El costo de producción de una vaquilla de reemplazo en estas unidades de producción por etapa fisiológica en promedio fue de $2,198.00 en la lactancia y el costo de que ingrese como vaca productora al primer parto se incrementa en promedio en $35,592.00 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos de producción de vaquillas de reemplazo por etapa en el estado de Jalisco.

Etapa	Unidad de producción			
	1	2	3	Promedio
Lactancia	2,303	2,300	1,990	2,198
Post lactancia-6 meses	5,006	2,844	5,012	4,287
6 a 12 meses	7,418	6,955	8,345	7,573
12 a 18 meses	11,074	7,617	9,766	9,486
18 meses-primer parto	17,985	11,357	13,396	14,246
Total	43,786	31,073	38,509	37,789

Fuente: Elaboración propia con información de formatos de seguimiento.

En la estructura de los costos variables de producción en promedio, la alimentación representa el 96%, 1.4% la mano de obra, el 1.3% lo relacionado con reproducción y 0.6% con la salud. En este rubro los problemas de mayor recurrencia son diarreas e infecciones de ombligo. El costo de producir una vaquilla coincide con el reportado por el Canadian Cow-Calf Cost of Production (https://canfax.ca/uploads/COP-Analysis/12_Cost_of_Raising_Replacement_Heifers.pdf) en 2024, que reporta un valor promedio de $38,797 ($2,904 dls canadienses, con tipo de cambio de $13.36 de 2024), con datos de 63 granjas. T también con otro estudio, con información de 1,972 granjas ubicadas en Minnessota en Estados Unidos, reportados por Dairy Heifer Cost Vairaritión del PennState Extension (https://extension.psu.edu/dairy-heifer-cost-variation), de una base de 2016 a 2021, que menciona un costo promedio de una vaquilla de reemplazo de $35,684 ($1,709 dls americanos, a un tipo de cambio de $20.88 en diciembre de 2024), Aunque se entiende, que los sistemas de producción difieren a los existentes en México y en específico al del SLF, son referentes ante al escases de información nacional.

Conclusiones

El uso de tecnología/actividades de los productores reflejan la importancia que le dan los productores al usar tecnologías y realizar actividades específicas orientadas a la obtención de vaquillas de reemplazo, que puedan llegar a buenas vacas productoras de leche, contribuyendo así a recuperar su inversión en menor tiempo.
La generación de vaquillas ya sea para reemplazo o para vender a otros productores, es una actividad que se presenta en todas las unidades de producción de leche y en los sistemas de producción existentes, y que requieren recursos de todo tipo para su generación, por lo tanto, la estimación del costo de producirlas, debería de ser de suma importancia para apoya la toma de decisiones del productor de leche, no sólo por el impacto potencial en la producción de leche, sino también en la inversión y rentabilidad de las mismas.

Referencias bibliográficas

Barrón B., O.G.; López G., J.A.; Ruiz A., M.; Gutiérrez Ch., A.J.; Alcalá R., J.S.; Avilés R., R. 2025. Development of dual-purpose heifers under grazing and captivity, during drought and rainy seasons. Revista Bio Ciencias, 12, e1771.
Mariscal A., V.; Pacheco C., A.; Estrella Q., H.; Huerta B., M.; Rangel S., R.; Núñez D., R. 2017. Estratificación de productores lecheros en los Altos de Jalisco. ASyD 14: 547-563.
SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.
Espinosa G, JA., Vélez I, A., Góngora G, SF., Cuevas R, V., Vázquez G, R. y Rivera M, J. 2018. Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida el sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. 2018. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21:261-272.
Vélez I, A., Espinosa G, JA., Omaña S, JM., González O, TA., y Quiroz V, J. 2013. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. AICA 3: 88-96.

ASISTENCIA TÉCNICA Y ADOPCIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS: ANALISIS DE LOS GGAVATT DE PRODUCTORES DE PORCINOS EN GUANAJUATO

Alejandra Vélez-Izquierdo[1*], José Antonio Espinosa-García[1] y Tomás Arturo González-Orozco[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Fisiología y Mejoramiento Animal
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío-INIFAP
*Autor para correspondencia: velez.alejandra@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Tecnología pecuaria, Grupos ganaderos, Porcicultura*.

Introducción

La actividad pecuaria se enfoca a la obtención de proteína de origen animal para alimentar a la población, su producción depende del desarrollo fisiológico de sus vientres y de sus crías, a su vez está condicionada a las condiciones climáticas y al uso de la tecnología. En este contexto, las innovaciones tecnológicas juegan un papel determinante para asegurar el éxito de las unidades de producción pecuaria. De acuerdo con Quintero *et al*. (2021), la innovación tecnológica propicia cambios en los procesos productivos a través de la adopción de tecnologías, de procedimientos, de nuevas formas de organización y de gestión de la producción que mejorarán la productividad y el uso eficiente de los factores de producción. Si bien, el concepto de innovación se ha abordado desde la perspectiva empresarial, existe suficiente literatura que señala su aplicación a las empresas agropecuarias. La innovación tecnológica se materializa a través de la adopción, que mide el resultado de la decisión de los productores de usar o no una innovación determinada en el proceso de producción (Martínez *et al*., 2018), este proceso, para el caso de la innovación agropecuaria es complejo y está definido como un conjunto de organizaciones con vínculos e interacciones entre ellas dedicadas a: i) generación, ii) validación, iii) adaptación, iv) transferencia, v) difusión y vi) adopción de tecnologías y conocimientos para la resolución de problemas (Quintero *et al*., 2021). Para los primeros tres incisos participan principalmente las instituciones de investigación, aunque en algunos casos también intervienen en la transferencia y difusión, un ejemplo de ello es el modelo GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología), que fue desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Veracruz, cuyos objetivos son validar y transferir tecnología pecuaria a grupos de productores organizados (Román, *et al.*, 2022), uno de los estados donde se aplica este modelo con éxito, es Guanajuato, donde el gobierno estatal ha promovido el uso de innovaciones tecnológicas bajo el modelo GGAVATT desde 2002, apoyando en promedio a 77 grupos por año (Román, *et al.*, 2022). Uno de los sistemas de producción de proteína animal beneficiados con este modelo, es el porcino. En México, la actividad porcícola es de gran importancia, ya que oferta carne, genera empleo y valor agregado, se sustenta en tres sistemas de producción: a) tecnificado; b) semi-tecnificado y c) de traspatio o artesanal (Alonso y Rodríguez, 2024). El sistema que predomina en el estado de Guanajuato es el semi-tecnificado, que se caracteriza por instalaciones tradicionales, productividad media y sanidad deficiente. En el 2023 se producían 140,169 ton de carne, existían 16,412 unidades de producción que contaban 1’746,492 cabezas de porcinos, con peso promedio de 80 kg de carne en canal (Alonso y Rodríguez, 2024). La producción de carne de cerdo, es una de las actividades pecuarias de mayor dinamismo, es por ello que en Guanajuato se han conformado GGAVATT de productores porcinos, que reciben asistencia técnica y capacitación de parte de técnicos pecuarios, mediante este modelo se promueve un paquete tecnológico constituido de 25 actividades de asistencia técnica, capacitación, gestión e innovaciones tecnológicas, pero se desconoce el efecto que este modelo ha representado en la adopción de estas prácticas, por esta razón el objetivo de este trabajo es determinar el nivel de adopción y el efecto de su participación en GGAVATT´s de productores de porcinos del estado de Guanajuato.

Materiales y métodos

Se analizó información mensual de 5,162 registros de 260 porcicultores que recibieron asistencia técnica (AT) mediante el modelo GGAVATT durante el periodo de 2014 al 2020, en cinco municipios: León, Moroleón, Pénjamo, Tarimoro y Yuriria de Guanajuato. La información se obtuvo de los formatos de seguimiento mensual donde cada asesor registraba la participación de los productores en las reuniones mensuales de cada GGAVATT,

en las capacitaciones que se impartían y en las giras tecnológicas que se programaban, así como las actividades de gestión e innovaciones tecnológicas que implementaba cada productor en el mes de registro, registrando un 1 si la realizaban y cero cuando no lo hacían.

Se integró la información en una base de datos en el programa Excel ® y con ello se estimaron cinco variables sintéticas como índices de adopción: i) asistencia y capacitación: reunión mensual, curso o taller de capacitación, capacitación en el uso de la inseminación artificial, giras tecnológicas; ii) gestión: identificación numérica permanente, registro individual de la hembra, registro de fecha de nacimiento de lechones y su peso, registro de la fecha del destete del lechón y su peso, registro de edad y peso inicial a la engorda, registro de edad y peso al final de la engorda, registro de egresos e ingresos mensuales; iii) nutrición: utilización de núcleos, administración de dietas balanceadas por etapa productiva; iv) reproducción y genética: uso de jaulas de maternidad, selección del pie de cría, uso de la inseminación artificial, crianza de reemplazos, uso de líneas maternas; v) sanidad y bioseguridad: desparasitación interna y externa, vacunación contra enfermedades virales, lavado y desinfección de instalaciones, medidas de bioseguridad, control de amoniaco, control de roedores, control de temperatura. Para estimar las variables sintéticas se adecuó la metodología propuesta por Espinosa *et al*. (2018), la fórmula se describe a continuación:

$$I_{ij} = \sum_{ij}^{n} \frac{\delta_{in}}{\delta_{i\cdots n}}$$

En donde I_{ij} es el índice de adopción del área zootécnica *i* para el productor j, siendo δ_{in} la suma real que el productor obtiene de acuerdo al número de prácticas y tecnologías que realiza y $\delta_{i\ldots n}$ es la suma máxima de las *n* prácticas o tecnologías que un productor *j*, puede realizar por área zootécnica *i*. Los valores de los índices calculados se encuentran dentro del siguiente intervalo $0 \geq I_{ij} \leq 1$. Para medir el efecto del modelo GGAVATT en la adopción de innovaciones, se clasificaron los productores en tres niveles según su permanencia en el Grupo recibiendo asistencia técnica en: un año, tres años y de cinco años, así mismo, se calcularon los cinco índices para cada nivel. También se estimaron correlaciones parciales Pearson entre los índices estimados en el programa estadístico JMP ® 17.

Resultados y discusión

La distribución por años, municipio, género y años de participación en el modelo GGAVAT de los 5,162 registros analizados se presenta en el Cuadro 1, en donde se observa que hay más registros de hombres, de los municipios de León, Pénjamo y Yuriria, y de los que tiene tres años o más en el modelo.

Cuadro 1. Distribución de los porcicultores por municipio, nivel, año y género.

Municipio	Frecuencias	% del Total
León	1,261	24.4%
Moroleón	630	12.2%
Pénjamo	1,279	24.8%
Tarimoro	720	13.9%
Yuriria	1,272	24.6%

Nivel	Frecuencias	% del Total
Un año	723	14.0%
Tres años	2,193	42.5%
Cinco años	2,246	43.5%

Género	Frecuencias	% del Total
Hombre	4,324	83.8%
Mujer	838	16.2%

Año	Frecuencias	% del Total
2014	245	4.7%
2015	362	7.0%
2016	846	16.4%
2017	1,110	21.5%
2018	1,110	21.5%
2019	859	16.6%
2020	630	12.2%

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los índices de adopción de las actividades e innovaciones tecnológicas, en la Figura 1, se observa que todos los valores se incrementaron en los porcicultores que fueron más constantes en su participación en el modelo, siendo los índices de nutrición y de reproducción y genética, los que alcanzaron un valor mayor de casi 0.7, lo que indica que el 70% de los porcicultores incorporaron las innovaciones de estas áreas, valor que coincide con lo reportado por Martínez *et al*. (2018), para apicultores de Campeche, y Espinosa *et al*. (2018) para ganaderos del trópico mexicano. Además, estos resultados muestran que la asistencia técnica tiene un efecto positivo en la adopción de innovaciones. Esta situación se confirma con el análisis de correlación realizado, al

obtener valores positivos y significativos de la asistencia técnica y capacitación con los índices asociados a las innovaciones tecnológicas. El valor de los índices de adopción que alcanzaron los porcicultores que tienen cinco años recibiendo asistencia técnica, fluctúa entre 0.46 y 0.69, siendo el más bajo el de asistencia técnica y capacitación y el más alto el de nutrición, lo cual indica que el nivel de innovación tecnológica es consistente con el nivel sistema de producción semi-tecnificado (Alonso y Rodríguez, 2024), que muestra además un margen de mejora, que posiblemente no se logrará con asistencia técnica.

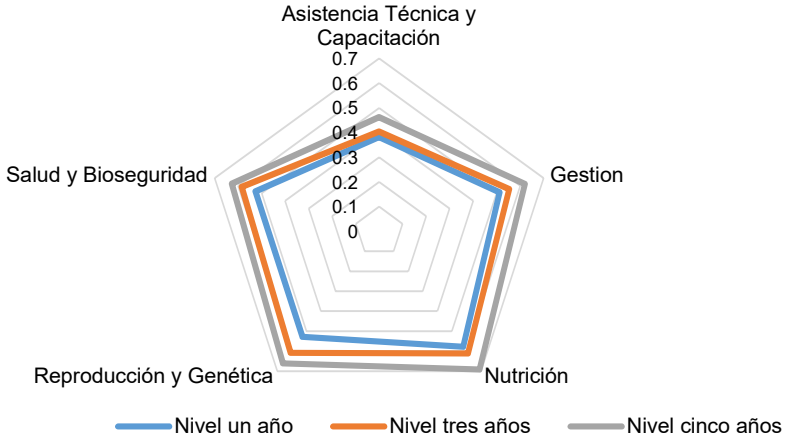


Figura 1. Índices de adopción por área de la zootecnia de porcicultores de Guanajuato.

Cuadro 1. Correlaciones parciales.

Concepto	Asistencia y Capacitación	Gestión	Nutrición	Reproducción y Genética	Sanidad y Bioseguridad
Asistencia y Capacitación	—	0.080***	0.045**	0.187***	0.165***
Gestión	0.080***	—	0.409***	0.585***	0.650***
Nutrición	0.045**	0.409***	—	0.447***	0.467***
Reproducción y Genética	0.187***	0.585***	0.447***	—	0.709***
Sanidad y Bioseguridad	0.165***	0.650***	0.467***	0.709***	—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001, Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Las actividades de asistencia técnica y capacitación que se promueven con los porcicultores que participan en el modelo GGAVATT del estado de Guanajuato, ha incrementado la adopción de innovaciones tecnológicas con un efecto mayor en las áreas de nutrición y de reproducción y genética, pero no han sido suficientes para lograr transitar del sistema de producción semi-tecnificado a tecnificado.

Referencias bibliográficas

Alonso P., F.A. y Rodríguez de J., E. 2024. El Sector Porcino en México. Los Porcicultores y su Entorno, 158:76-84.

Martínez G., E.G.; Arroyo P., H.; Aguilar G., N.; García Á., J.M.; Santoyo C., V.H.; Aguilar Á. J. 2018. Dinámica de adopción de buenas prácticas de producción de miel en la península de Yucatán, México. Rev Mex Ciec Pec. 9(1):48-67.

Espinosa G., J.A.; Vélez I., A.; Góngora G., SF.; Cuevas R., V.; Vázquez G., R.; y Rivera M, J.A. 2018. Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21: 261 – 272.

Quintero, S., Ruiz C., W.L., Cubillos J., S.; Marín S., B.M.; Giraldo, D.P. y Vélez A., L.M. 2021. Medición de las capacidades tecnológicas para la innovación en los sistemas de conocimiento e innovación agrícola. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 22(1), e1896.

Román P., H.; Rodríguez Ch., M.A.; Espinosa G., J.A.; *et al*. 2022. Historia y perspectivas del modelo GGAVATT. Rev Mex Ciec Pec. 12(supl 3):286-307.

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

RESILIENCIA DEL FRIJOL NEGRO VERACRUZ ANTE ANOMALÍAS CLIMÁTICAS E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS PRODUCTIVAS EN EL GOLFO-CARIBE MEXICANO (2003-2024)

Francisco J. Ugalde-Acosta[1]*, Lucas Alejandro Fadda[1], Ángel Vidal Estrada-León[1a], Ernesto López-Salinas[1a], Sabel Barrón-Freyre[1], Raymundo Nava-Ramírez[1], Rafael Contreras-Hinojosa[1], Simón Alvarado-Mendoza[1], María de los Ángeles Acevedo-Cortés[1], Flavio Aragón-Cuevas[1], Roberto Canales-Cruz[1], Héctor Torres-Pimentel[1], Lamberto Zúñiga-Estrada[1], Carmen Aridaí Hernández-Estrada[1], Agatha Teresa Rosado-Calderón[1], Simón Leyva-Vela[1], Arturo Guirit-Guzmán[2], Rosa Claudia Juárez-Lara[2], Félix Jiménez-Bautista[3], Soledad Pedraza-Flores[3], Marco Antonio Morales-Varela[4], Emilio Rodríguez-Escalante[4], Pedro Díaz-Reyes[4], María Del Consuelo López-Ramírez[4], Celina Mota-García[4], Hugo Castro-Cerecedes[5], Rafael Martínez-González[6], Roberto Ojeda-Castro[6], Rosario López-Saavedra[6] y Eva Vásquez-Martínez[7]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campos Experimentales de Cotaxtla Veracruz-Huimanguillo Tabasco-Chetumal Quintana Roo-Valles Centrales de Oaxaca-Tecamachalco Puebla-Ezdná Campeche-Mocochá Yucatán-Las Adjuntas Sur de Tamaulipas México.
[1a]Fitomejoradores de la variedad Negro Veracruz del Campo Experimental Cotaxtla-INIA.
[2]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 84. Carlos A. Carrillo, Ver.
[3]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 16. San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca.
[4]Distrito de Desarrollo Rural 171 Fortín. Secretaría de Agricultura de Veracruz.
[5]Distrito de Desarrollo Rural 008 Tehuacán. Secretaría de Agricultura de Puebla.
[6]Dirección de Fomento Agropecuario de Coscomatepec, Ver. 2022-2025.
[7]Dirección de Fomento Agropecuario de Río Blanco, Ver. 2022-2025.
*Autor para correspondencia: agrotecnia7@yahoo.com.mx

Palabras clave: *Adaptación varietal, Idoneidad ambiental, Modelos de simulación, Plasticidad genética.*

Introducción

La Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno climático natural que forma parte de la variabilidad interanual del sistema climático global. Sus distintas fases: El Niño, La Niña y Neutro influyen significativamente en la distribución y cantidad de lluvias, generando anomalías que afectan directamente la producción agrícola (SMN–CONAGUA, 2024a). En la región del Golfo y el Caribe mexicano, estas fluctuaciones han provocado escasez de lluvia, impactando la productividad del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de temporal y humedad residual. Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2024b), entre 2003 y 2024 se han registrado 11 eventos de El Niño, seis de La Niña y tres fases Neutrales. Si bien, la ENOS es un fenómeno natural, el cambio climático ha comenzado a alterar su comportamiento, intensificando la recurrencia y severidad de eventos extremos, y generando incertidumbre sobre la disponibilidad hídrica. Por lo anterior, el desarrollo y uso de variedades mejoradas de frijol tolerantes a condiciones abióticas adversas, como la sequía, se vuelve una estrategia crucial para incrementar la resiliencia productiva. Un ejemplo es la variedad Negro Veracruz, liberada en 1981 por el Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, la cual ha mostrado estabilidad productiva bajo distintos escenarios climáticos en las últimas dos décadas. En este contexto de impacto climático y mermas productivas de frijol, los objetivos de este trabajo fueron determinar el comportamiento productivo de la variedad de frijol Negro Veracruz en diferentes fases de la ENOS, mediante la comparación de rendimientos promedio por fase, así como, modelar su idoneidad agroclimática en la región del Golfo y Caribe mexicano, con el fin de identificar zonas óptimas para su cultivo.

Materiales y métodos

Se emplearon datos de 72 ensayos de validación realizados entre 2003 y 2024 en 70 agroecosistemas de ocho estados de la región del Golfo y Caribe mexicano, en ciclos de producción de temporal y humedad residual, con variación en la presencia de sequías. Los datos se agruparon según las fases de El Niño, La Niña y Neutro, y se calcularon los promedios de rendimiento para cada combinación de ciclo y fase climática. A partir de estos registros de presencia se construyó un modelo de nicho ecológico utilizando el algoritmo de elipsoides de

volumen mínimo, implementado mediante el paquete ntbox (Osorio-Olvera *et al*., 2020) en R. Para el modelado, se emplearon variables bioclimáticas de WorldClim con una resolución espacial de 1 km². Para evitar problemas de multicolinealidad, se aplicó un análisis de correlación de Spearman, descartando variables con coeficientes mayores a 0.85. Además, los registros de presencia fueron depurados estableciendo una distancia mínima de 1 km entre puntos para minimizar el sesgo espacial. La selección del mejor modelo se basó en la significancia estadística mediante la prueba de ROC parcial (α = 0.05) y la tasa de omisión, asegurando un equilibrio entre sensibilidad y especificidad del modelo.

Resultados y discusión

Los rendimientos promedio en años de El Niño fueron de 1,078 kg/ha, durante La Niña 1,480 kg/ha, y en años Neutrales 1,387 kg/ha, todos superiores al promedio regional de 650 kg/ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento promedio de la variedad de frijol Negro Veracruz en los ciclos de humedad residual y temporal en condiciones de la ENOS en la región Golfo y Caribe Mexicano 2003-2024.

Fenómeno ENOS	Ciclo de producción Otoño-invierno Humedad residual (kg/ha)	Ciclo de producción Primavera-verano Temporal (kg/ha)	Promedio (kg/ha)
La Niña	1,344	1,708	1,480
El Niño	1,095	1,029	1,078
Neutro	1,488	980	1,387
Promedio	1,195	1,280	1,219

El modelo espacial identificó un total de 152,709 km² con condiciones de alta a óptima idoneidad para el cultivo de frijol negro Veracruz. Los valores de idoneidad ambiental, que oscilaron entre 0 y 1, se clasificaron en cuatro categorías: baja (0.05 - 0.18; 309,924 km²), moderada (0.18 - 0.35; 165,384 km²), alta (0.35 - 0.57; 104,384 km²) y óptima (0.57 - 1.00; 48,325 km²) (Figura 1). Esta evaluación permite localizar regiones aptas para el cultivo, sobre las cuales es posible emitir recomendaciones de manejo basadas en la información experimental obtenida para la variedad bajo diferentes fases del fenómeno ENOS. Las zonas con mayor potencial se encuentran principalmente en la vertiente del Golfo de México, desde Tamaulipas hasta Chiapas, así como en la península de Yucatán, especialmente en Campeche y Yucatán, donde las condiciones ambientales coinciden con las de los sitios experimentales. De este modo, se puede orientar el manejo territorial frente a los desafíos actuales y futuros derivados del cambio climático.

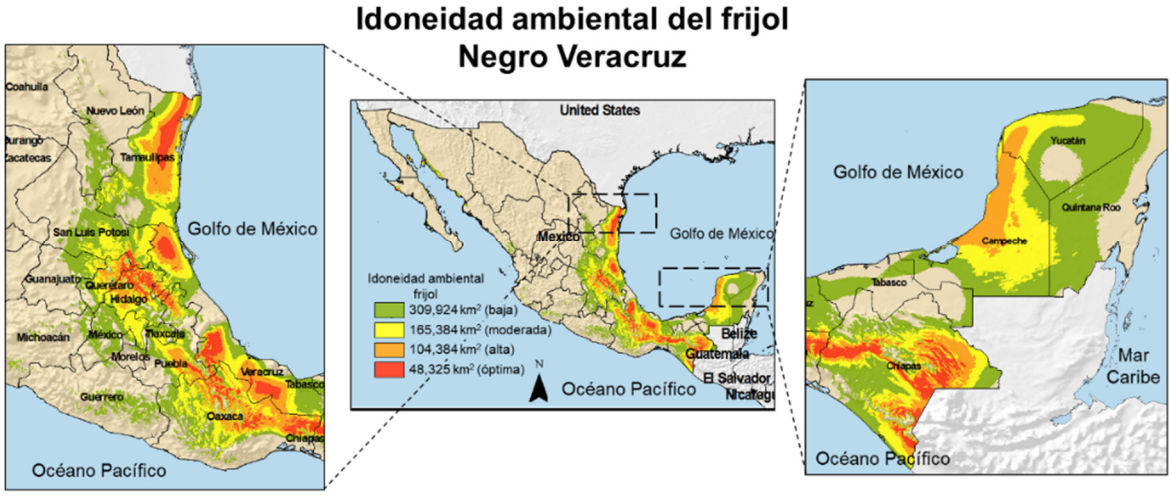


Figura 1. Superficie estimada de idoneidad de la variedad de frijol Negro Veracruz en la región Golfo y Caribe Mexicano.

Conclusiones

La variedad de frijol Negro Veracruz ha mostrado estabilidad y buen desempeño productivo durante las distintas fases de ENOS en la región del Golfo y Caribe mexicano, superando consistentemente el rendimiento promedio regional. El modelado del nicho ecológico permitió identificar áreas con alta y óptima idoneidad agroclimática, lo que ofrece una base sólida para orientar la selección territorial y el manejo de esta variedad. Estos resultados destacan la importancia de integrar estudios de campo, análisis climáticos y espaciales para guiar prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones locales y así optimizar el rendimiento frente a los efectos del cambio climático y la variabilidad interanual del clima.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias a través del Proyecto Innovación y transferencia de variedades de frijol modalidad municipal, para incrementar productividad, rentabilidad y abasto, para los productores de las Cuencas Hidrológicas del Golfo México 2020-2024.

Referencias bibliográficas

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024a. Monitor sequía de México. Reporte de sequía 15 mayo 2024. Sistema Meteorológico Nacional (SMN) https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20240515.pdf. [consultado el 20 de mayo de 2025].

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024b. Sistema Meteorológico Nacional SMN. Aviso 422. Mayo 2024.https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Formularios/El%20Ni%C3%B1o%20Oscilaci%C3%B3n%20del%20Sur%20(ENOS)/El%20Ni%C3%B1o%20Oscilaci%C3%B3n%20del%20Sur%20(ENOS)_519.pdf [consultado el 20 de mayo de 2025].

Osorio-Olvera, L., A. Lira-Noriega, J. Soberón, A. T. Peterson, M. Falconi, R. G. Contreras-Díaz *et al*. 2020. ntbox: An r package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. Methods Ecol. Evol. 11:1199-1206.

EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA VARIEDAD DE MAÍZ V-537C ANTE ANOMALÍAS CLIMÁTICAS EN LA REGIÓN GOLFO Y CARIBE MEXICANO

Francisco J. Ugalde-Acosta[1]*, Lucas A. Fadda[1], Mauro Sierra-Macías[1], Sabel Barrón-Frayre[1], Flavio Rodríguez-Montalvo[1], Ernesto Preciado-Ortíz[1], Arturo Guirit-Guzmán[2], Rosa Claudia Juárez-Lara[2], María de los Ángeles Acevedo-Cortés[1], Simón Leyva-Vela[1], Oscar Maldonado-Guzmán[3], Carlos Rivera-Andrade[3], Joel Goxcon-Sixtega[3], Clara Ríos-Isidro[1], Félix Jiménez-Bautista[4 y 5], Soledad Pedraza-Flores[4], Cayetano Serapio-Arau[6], Desiderio Ventura-Gabriel[6], Gabino Delgado-Avendaño[6], Jesús Zamudio-Torres[7], Jeremías Zamudio-García[7], Celedonio Santos-Pérez[8], Reyna Michelle Fierro-López[1], Ignacio Castañeda-Alday[9], Juventino Santos-Pérez[5] y Ángel Ibáñez-López[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campos Experimentales de Cotaxtla-Veracruz, Huimanguillo-Tabasco y Celaya-Guanajuato.
[2]Centro Bachillerato Tecnológico Agropecuario 84 Carlos A. Carrillo, Ver.
[3]Dirección de Fomento Agropecuario del Ayuntamiento de San Andrés Tuxtla, Ver. 2022-2025.
[4]Bachillerato Tecnológico Agropecuario 16 San Bartolo, Tuxtepec, Oax.
[5]Brigada de Educación para el Desarrollo Rural No. 125 DGTEA Tuxtepec, Oaxaca.
[6]Dirección de Fomento Agropecuario del Ayuntamiento de Ixmatlahuacan, Ver. 2022-2025.
[7]Dirección de Fomento Agropecuario del Ayuntamiento de Chacaltianguis, Ver. 2022-2025.
[8]Prestador de Servicios Profesionales Valle Nacional, Oax.
[9]Director Agrícola de GRUMA.
*Autor para correspondencia: agrotecnia7@yahoo.com.mx

Palabras clave: *Factor abiótico, Estiaje, ENOS, Idoneidad ambiental, Sustentabilidad.*

Introducción

Las regiones agroecológicas del centro de Veracruz, Los Tuxtlas, la Cuenca del Papaloapan (que abarca partes de Veracruz y Oaxaca), así como La Chontalpa en Tabasco y regiones agrícolas de la península de Yucatán, se ubican entre los 0 y 600 m de altitud y presentan condiciones climáticas que varían entre seco y cálido-húmedo. En estas zonas, la productividad del maíz es variable y depende tanto del ciclo agrícola, como de los fenómenos climáticos; durante los ciclos de primavera-verano, bajo condiciones de temporal y otoño-invierno con humedad residual, el rendimiento promedio es de aproximadamente 2.1 t/ha (Ugalde *et al*., 2021). Este bajo rendimiento se atribuye a diversos factores, como el limitado uso de tecnologías agrícolas, la falta de apoyos a la producción y, en años recientes, a las anomalías climáticas asociadas al fenómeno de El Niño Oscilación Sur (ENOS), en sus fases de “La Niña” y “El Niño”, que han provocado sequías de distinta intensidad y siniestros en siembras comerciales (CONAGUA, 2024). En este contexto, el desarrollo y uso de variedades mejoradas de maíz con tolerancia a condiciones abióticas adversas, como la sequía, representan una estrategia clave para aumentar la resiliencia productiva en regiones vulnerables al cambio climático. Un ejemplo es la variedad V-537 C, desarrollada por el INIFAP, la cual ha mostrado un desempeño estable bajo escenarios de estrés hídrico. Ante el impacto de las anomalías climáticas asociadas a las diferentes fases de ENOS y las consecuentes mermas en la producción de maíz en el sureste de México (Sierra *et al*., 2021), el objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento productivo de la variedad V-537 C (caracterizada por su alto contenido de proteína) durante los ciclos agrícolas 2020 a 2024, diferenciando los rendimientos por fase del ENOS, y analizar su posible adaptación agroecológica en las regiones del sur-sureste de México, con miras a identificar zonas óptimas para su cultivo en esta región, donde cada vez son más frecuentes las anomalías climáticas.

Materiales y métodos

Entre 2020 y 2024 se establecieron 24 módulos de validación con la variedad de maíz V-537C, en los estados de Veracruz, Oaxaca y Tabasco. En cada módulo se sembraron en promedio 56,700 plantas/ha, con una fertilización estándar de 136-50-26 kg/ha de N-P-K. Los ciclos productivos incluyeron condiciones de temporal y humedad residual, enfrentando sequías intraestival en verano y terminales en invierno, asociadas a anomalías climáticas de ENOS. En estos módulos se estimó el rendimiento de grano (t/ha), ajustando al 14% de humedad. Los datos productivos se clasificaron según las fases climáticas de ENOS: El Niño, La Niña y Neutro, para

analizar la respuesta de la variedad bajo distintos niveles de estrés hídrico. Para estimar las zonas potenciales productivas para la siembra de esta variedad se emplearon modelos de nicho ecológico que se construyeron con los registros de presencia de los módulos antes mencionados. El modelado se realizó utilizando el algoritmo de elipsoide de volumen mínimo, implementado en el paquete ntbox (Osorio-Olvera *et al*., 2020) en R. Se utilizaron variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos WorldClim con una resolución espacial de 1 km². Para evitar la multicolinealidad entre predictores, se aplicó el análisis de correlación de Spearman y se excluyeron aquellas variables con coeficientes r >0.85. El modelo se seleccionó siguiendo criterios estadísticos basados en la prueba de ROC parcial (α = 0.05) y la tasa de omisión, con el objetivo de garantizar un equilibrio adecuado entre sensibilidad y especificidad. La idoneidad ambiental se expresó en una escala de 0 a 1 y se clasificó en tres niveles: baja (0.07 - 0.25), media (0.25 - 0.52) y alta (0.52 - 1.00); posteriormente, se estimó la superficie ocupada por cada clase.

Resultados y discusión

El rendimiento promedio de la variedad V-537C en el ciclo primavera-verano de temporal fue de 5.2 t/ha, mientras que en el ciclo otoño-invierno alcanzó 5.5 t/ha, lo que representa un aumento del 140% y 163%, respectivamente, en comparación con los rendimientos promedio regionales. Considerando ambos ciclos y los efectos de las anomalías climáticas del fenómeno ENOS, el rendimiento promedio general fue de 5.3 t/ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento promedio de la variedad de maíz V-537 en los ciclos de humedad residual y temporal en condiciones de ENOS en la región Golfo y Caribe Mexicano 2020-2024.

Fenómeno ENOS	Ciclo de producción		Promedio t/ha
	Otoño-invierno Humedad residual (t/ha)	Primavera-verano Temporal (t/ha)	
El Niño	5.3	4.9	5.1
La Niña	5.7	5.5	5.6
Promedio	5.5	5.2	5.3

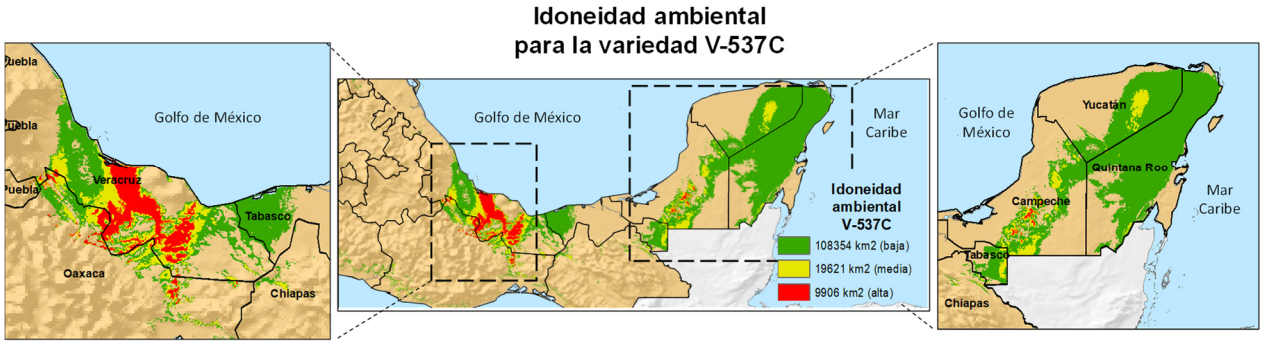


Figura 1. Idoneidad ambiental y superficie estimada para la variedad de maíz V-537C en la región Golfo y Caribe mexicano.

El modelo identificó que las zonas con mayor potencial agroecológico para el cultivo de esta variedad se encuentran principalmente en el estado de Veracruz. Asimismo, se detectaron áreas favorables en regiones específicas de Campeche y Yucatán, donde las condiciones climáticas son similares a las de los sitios experimentales validados. En total, se identificaron 9,906 km² con alta aptitud, 19,621 km² con aptitud media y 108,354 km² con baja aptitud. Las áreas de mayor idoneidad se concentran principalmente en el norte de Veracruz, así como en regiones de Tabasco, Campeche y la península de Yucatán. Estos resultados destacan la utilidad de los modelos de nicho ecológico para delimitar zonas óptimas de producción, basándose en las condiciones ambientales de los sitios experimentales. La delimitación de estas áreas representa una herramienta valiosa para la toma de decisiones productivas y de manejo agronómico, contribuyendo a mejorar la producción en un contexto caracterizado por condiciones climáticas variables y adversas, cada vez más frecuentes.

Conclusiones

Los resultados demuestran que la variedad V-537C, desarrollada por el Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, presenta un desempeño estable y tolerancia a condiciones de sequía asociadas a las anomalías climáticas de

ENOS en el sur-sureste de México. La validación en múltiples ciclos productivos y localidades refleja que esta variedad puede contribuir significativamente a elevar el rendimiento y la rentabilidad en sistemas de temporal y humedad residual. Así, se brinda una alternativa viable y accesible para agricultores que enfrentan retos climáticos crecientes, fortaleciendo la seguridad alimentaria regional.

Agradecimientos y Fuente financiadora
Al Grupo MASECA por el financiamiento del proyecto: Desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología para incrementar la producción y garantizar el abasto de maíz con calidad y sanidad, basado en criterios de sustentabilidad, en regiones estratégicas de CONALSA a nivel nacional (2020-2024).

Referencias bibliográficas

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Sistema Meteorológico Nacional SMN. Aviso 422. Mayo 2024.https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Formularios/El%20Ni%C3%B1o%20Oscilaci%C3%B3n%20del%20Sur%20(ENOS)/El%20Ni%C3%B1o%20Oscilaci%C3%B3n%20del%20Sur%20(ENOS)_519.pdf [consultado el 20 de mayo de 2025].

Osorio-Olvera, L., A. Lira-Noriega, J. Soberón, A. T. Peterson, M. Falconi, R. G. Contreras-Díaz *et al*. 2020. ntbox: An r package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. Methods Ecol. Evol. 11:1199-1206.

Sierra, M. M., A. Palafox C., O. Cano R., F. A. Rodríguez M., A. Espinosa C., A. Turrent F. *et al*. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. Folleto Técnico Núm. 30. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México. 21 p.

Ugalde, A. F. J., C. A. Hernández E., M. Sierra M., F. A. Rodríguez M., J. Cañas M., A. Guirit G. *et al*. 2021. Diagnóstico técnico-productivo del maíz de *tonamil* en la Cuenca del Papaloapan y sur de Veracruz. p. 53-55. *In:* Memoria del XVI Simposio Internacional y XI Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. Veracruz, Ver., México.

ESTIMACIÓN DE TENDENCIAS DECADALES (1981-2020) DE LOS ÍNDICES DE EVENTOS EXTREMOS DEL ETCCDI EN VERACRUZ

Claudio Hoyos-Reyes[1]*, Uriel Antonio Filobello-Niño[1], Héctor Vázquez-Leal[1], Anette Sarai Ramírez-Peña[1], Roberto Ruiz-Gómez[1] y Mario Alberto Sandoval-Hernández[2]

[1]Universidad Veracruzana Facultad de Instrumentación Electrónica, zona universitaria C.P. 91000, Xalapa, Ver.
[2]Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 190, Boca del Río, Ver.
* Autor para correspondencia: choyos@uv.mx

Palabras clave: *Reanálisis, Climatología, Cambio climático, Tendencia climática.*

Introducción

El cambio climático se ha convertido en una preocupación global, debido a que en los últimos años sus efectos, como los eventos climáticos extremos, han sido más frecuentes y severos. Al respecto, un gran número de estudios han revelado un panorama global de cambios históricos y recientes en los eventos climáticos extremos, reportando un aumento generalizado en las tendencias de calentamiento y en la frecuencia e intensidad de estos eventos (IPCC, 2014). Sin embargo, también muestran que dichos cambios presentan variaciones por región en cualquier parte del planeta. En México, Aguilar *et al*. (2005) detectaron un calentamiento en las temperaturas máximas y mínimas extremas con datos de estaciones meteorológicas durante 1961-2003 para la región sur del país. Las investigaciones en México sobre este tema han continuado, con un interés particular por analizar los eventos climáticos extremos a escala regional a partir de observaciones y modelos climáticos (Colorado y Cavazos, 2021) así como a escala más local (estados o ciudades). Por lo que, el objetivo es estimar las climatologías y tendencias estacionales de cuatro índices de eventos extremos de temperatura del ETCCDI para el estado de Veracruz, México, a partir de datos del reanálisis ERA5 en el periodo de 1981-2020.

Materiales y métodos

Para este trabajo se utilizaron datos del reanálisis ERA5 (Hersbach *et al*., 2020), la quinta generación de reanálisis del Modelo de Predicción Meteorológica Europeo (ECMWF) que abarca el periodo de 1940 hasta la actualidad. Los datos de reanálisis combinan salidas de modelos climáticos con datos observados y de satélite para lograr una mejor estimación del estado actual de la atmósfera, mediante un proceso conocido como asimilación de datos. Se trabajó específicamente con datos de temperatura máxima y la temperatura mínima para el cálculo de los índices de eventos extremos en el estado de Veracruz, México.

Del total de los 27 índices definidos por el ETCCDI, se seleccionaron cuatro: TXx (temperatura máxima), TNn (temperatura mínima), Tx90p (percentil 90 de la temperatura máxima) y Tn10p (percentil 10 de la temperatura mínima). Para ello, fue necesario preprocesar los datos obtenidos de ERA5, con ayuda de Climate Data Operators (CDO). Para la temperatura máxima y mínima, se calculó el promedio de temperatura diario. Se usó el software CLIMpact2, para estimar los índices anuales y mensuales de TXx, TNx, Tx90p y TN10p. Posteriormente y con el fin de calcular las tendencias lineales de los índices, se usó CDO para obtener sus climatologías estacionales, así como las tendencias del periodo seleccionado por cada índice

Resultados y discusión

Con el fin de mostrar el estado actual y los cambios recientes en los eventos de clima extremo en el estado de Veracruz, se presentan y describen las climatologías y las tendencias estacionales de los cuatro índices de eventos extremos de temperatura del periodo 1981-2020 estimados a partir del reanálisis ERA5. En general, el reanálisis ERA5 representa adecuadamente los patrones espaciales climatológicos como la marcha anual de temperaturas sobre el territorio veracruzano, con temperaturas máximas en primavera-verano y temperaturas mínimas en otoño-invierno, así como los rangos de variabilidad mensual observada. La habilidad del reanálisis para representar razonablemente bien las climatologías mensuales de estos índices comparados nos dan certeza para continuar nuestro análisis a escala estacional.

Los índices estimados se ilustran en la Figura 1. En la climatología estacional 1981–2020 de TXx, que representa el valor máximo mensual de la temperatura máxima diaria. Los valores más altos (TXx > 30 °C) se registran en verano, principalmente en el norte del estado, y en primavera, en la región centro-sur. En contraste, los valores más bajos (TXx < 20 °C) se localizan en la zona montañosa central durante todas las estaciones.

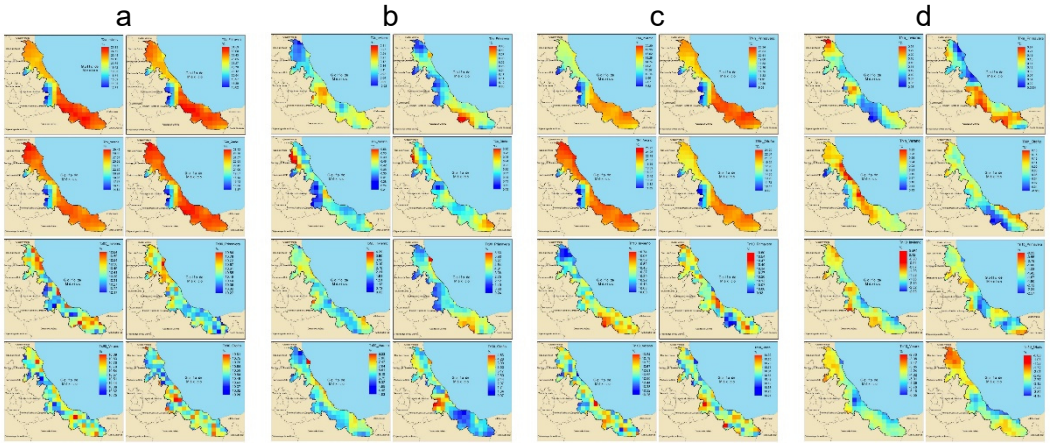


Figura 1. Climatología estacional de TXx (a) en °C), TNn (c) en °C), Tx90p (e), porcentaje de días por década) y Tn10p (g) porcentaje de días). Tendencia estacional de TXx (b) en °C por década), TNn (d) en °C por década), Tx90p (f) en porcentaje de días por década) y Tn10p (h) en porcentaje de días por década).

Las regiones con los mayores rangos de variabilidad a lo largo del año son las regiones norte y sur del estado. Las tendencias lineales recientes de TXx muestran aumentos de hasta 0.56 °C por década en la mayor parte del estado, salvo en una zona puntual de Veracruz. En invierno, destaca la zona montañosa central, donde las tendencias son más marcadas: entre 0.13–0.21 °C en la mayoría de las estaciones y hasta 0.38°C en verano.
En cuanto a la climatología estacional (1981-2020) de TNn (representa el valor mínimo mensual de la temperatura mínima diaria). La temperatura mínima estacional disminuye en invierno, especialmente en la zona montañosa. Además, se observa un gradiente latitudinal, con valores mínimos de TNn en el norte y un aumento progresivo hacia el sur del estado. Los valores mínimos de este índice están influenciados por la orográfica de la Sierra Madre Oriental. Durante primavera, aunque con temperaturas menos frías, con un 2.33°C de más respecto al máximo valor del rango de TNn, se mantiene el patrón climatológico espacial observado en invierno con los valores más extremos sobre la zona de montañas central del estado. En verano, siguiendo la marcha anual de la radiación solar global, los valores de TNn aumentan considerablemente en todo el dominio, particularmente en las regiones del norte de Veracruz, se identifican TNn más cálidas. Las tendencias de TNn durante todo el año son mayormente positivas, indicando que no hay cambios significativos, dado que el valor máximo del rango es de 0.29°C corresponde a verano y en zonas de playa, mientras que, el valor mínimo de la tendencia es relativamente 0°C.
En cuanto a la climatología estacional de Tx90p, el cual está expresado en porcentaje de días donde la TX está por encima del percentil 90 (porcentaje de días cálidos). Se observa que el índice no tiene patrones definidos como los anteriores, esto es debido a la alta resolución de la base de datos utilizada, la cual revela la gran variabilidad espacial que tiene el mismo. Sin embargo, es posible destacar que durante todo el año los valores de la climatología de este índice oscilan entre los 10.17 y 10.89% de días cálidos. Durante el invierno se observa una ligera disminución de este porcentaje a lo largo de todo el estado. En la tendencia estacional de Tx90p, durante las cuatro estaciones consideradas se observan tendencias lineales positivas del porcentaje de días cálidos en todo el estado, donde las más altas ocurren durante los meses de verano.
El Tn10p se observó que la naturaleza del comportamiento de su climatología es más bien de una gran variabilidad espacial durante todo el año, ya que no se logra identificar un patrón espacial muy claro. Es posible destacar que a lo largo de todo el año los valores del índice oscilan entre los 10.02 y 10.92% de días de noches frías en Veracruz. Se logran apreciar los valores más altos del porcentaje de días de noches frías durante el invierno. Para la tendencia estacional de Tn10pn el índice exhibe mayormente tendencias lineales negativas durante todo el año en Veracruz. Sin embargo, en el invierno se observan los valores de tendencias de disminución de porcentaje de noches frías menor, así como tendencias positivas sobre el parque nacional Pico de Orizaba.
En TXx y TNn se observan las tendencias de temperatura más altas al noreste del país, particularmente en las estaciones de primavera y verano para TNn y a lo largo de todo el año para TXx. Esta tendencia de las temperaturas extremas en ambos índices es similar a la encontrada por Aguilar *et al*. (2005) para el periodo 1961-2003 con datos de temperatura. En dicho estudio, los autores encontraron un aumento en las temperaturas máximas y mínimas extremas, así como un aumento del porcentaje de días donde la temperatura en mayor al

percentil 90 (días cálidos) y menor al percentil 10 (noches frías) al sur del estado. Peterson *et al*. (2008) concluyeron que los incrementos de días que superan el percentil 90 de temperatura es de la misma magnitud que la disminución del porcentaje de noches frías Tn10p, lo cual coincide con los resultados mostrados anteriormente.

Conclusiones

Se estimaron las tendencias lineales de cuatro índices de eventos extremos de temperatura propuestos por el ETCCDI para la región de Veracruz utilizando datos de reanálisis ERA5 para el periodo de 1981-2020. Los resultados obtenidos muestran tendencias de calentamiento en los índices de temperatura durante el periodo.

Es claro que las tendencias de los índices de eventos extremos no siguen un mismo patrón espacial y que sus variaciones a lo largo de las estaciones del año también son diferentes. Es por esto que subrayamos la importancia de identificar y estudiar los patrones de tendencias a escalas local y de considerar las variaciones estacionales de los índices. La metodología del ETCCDI sigue siendo una herramienta clave para evaluar el clima actual y proyectar su evolución, y esta investigación contribuye a ese esfuerzo al actualizar el análisis con datos recientes (2010–2020).

Referencia bibliográfica

Aguilar E., T. C. Peterson, P. Ramírez Obando, R. Frutos, J. A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. González García, R. M. Araujo, A. Rosa Santos, V. E. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Álvarez, M. Bautista, C. Castañón, L. Herrera, E. Ruano, J. J. Sinay, E. Sánchez, G. I. Hernández Oviedo, F. Obed, J. E. Salgado, J. L. Vázquez, M. Baca, M. Gutiérrez, C. Centella, J. Espinosa, D. Martínez, B. Olmedo, C. E. Ojeda Espinoza, R. Núñez, M. Haylock, H. Benavides, & Mayorga, R. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 110(D23). https://doi:10.1029/2005JD006119.

Colorado-Ruiz, G., & Cavazos, T. (2021). Trends of daily extreme and non-extreme rainfall indices and intercomparison with different gridded data sets over Mexico and the southern United States. International Journal of Climatology, 41(11), 5406-5430. https://doi.org/10.1002/joc.7225.

Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Hirahara S, Horányi A, Muñoz-Sabater J, Nicolas J, Peubey C, Radu R, Schepers D, Simmons A, Soci C, *et al.* 2020. The ERA5 global reanalysis. Q J R Meteorol Soc 146:1999–2049. https://doi.org/10.1002/qj.3803.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Peterson, T. C., Zhang, X., Brunet-India, M., & Vázquez-Aguirre, J. L. 2008. Changes in North American extremes derived from daily weather data. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 113(D7). https://doi.org/10.1029/2007JD009453

PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) Y LAS DECLARATORIAS DE EMERGENCIA EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Brisa Nohemí Gómez-Mora[1]* Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez[1] y Fernando Salas-Martínez[2]

[1]Colegio de Veracruz, Maestría en Desarrollo Regional Sustentable, Carrillo Puerto #26, Xalapa, Ver. Col. Centro C.P. 91000.
[2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área Académica de Química, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Mineral de la Reforma, 42184, Hidalgo, México.
*Autor para correspondencia: gmorabn.mdrs24@colver.edu.mx

Palabras clave: *Vulnerabilidad climática, Declaratorias de desastre, Agricultura de temporal.*

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) representa un pilar en la alimentación mexicana y constituye un cultivo esencial para la seguridad alimentaria, particularmente en regiones rurales con sistemas de producción de temporal. En el estado de Veracruz, donde el 84% de la producción agrícola es de temporal, este cultivo enfrenta importantes desafíos derivados de la variabilidad climática y los eventos hidrometeorológicos extremos (IPCC, 2019; CENAPRED, 2021).

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Veracruz es la entidad con mayor número de declaratorias de emergencia por desastre natural a nivel nacional, principalmente asociadas a lluvias intensas, ciclones y sequías. Sin embargo, la relación entre estas declaratorias y el desempeño agrícola de cultivos estratégicos, como el frijol, no ha sido suficientemente explorada.

El Programa Veracruzano de Desarrollo 2025–2030 establece como uno de sus ejes estratégicos la economía y sustentabilidad, reconociendo la necesidad de fortalecer la resiliencia productiva en contextos rurales expuestos a eventos climáticos extremos (Gobierno del Estado de Veracruz, 2025).

El objetivo de este trabajo es determinar el impacto de las declaratorias de emergencia en la producción de frijol en el estado de Veracruz, tomando como caso de estudio tres municipios representativos: Coatzintla, Gutiérrez Zamora y Espinal. El análisis se enfoca en el periodo 2003–2024 y busca contribuir a la comprensión de la vulnerabilidad estructural de la agricultura de temporal ante eventos extremos.

Materiales y métodos

Se emplearon datos anuales sobre el cultivo de frijol durante el periodo 2003–2024 provenientes del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y del CENAPRED. Las variables analizadas fueron: superficie sembrada, cosechada, siniestrada, volumen de producción y número de declaratorias por ciclones, lluvias intensas y sequías.

Se aplicó un análisis de correlación de Spearman (ρ), una técnica adecuada para explorar relaciones monótonas entre variables cuantitativas sin asumir requisitos estrictos sobre su distribución estadística. Se evaluó la significancia estadística con un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$), criterio utilizado para determinar si las correlaciones observadas eran estadísticamente significativas. De entre los municipios veracruzanos con producción de frijol durante el periodo 2003–2024, se eligieron Coatzintla, Gutiérrez Zamora y Espinal por su volumen de producción, la concentración de declaratorias de emergencia y la claridad de los patrones de correlación observados. Además, se hizo énfasis en el ciclo Primavera–Verano, que concentra el mayor porcentaje de siembras.

Resultados y discusión

En el municipio de Coatzintla se identificó una correlación negativa significativa entre el número de declaratorias meteorológicas y el volumen de producción de frijol ($\rho = -0.52$, $p < 0.05$), lo cual sugiere que los eventos extremos tienden a reducir la capacidad productiva local (Valdés-Rodríguez, 2025; Salas-Martínez *et al*., 2021).

Por su parte, Gutiérrez Zamora presentó una correlación positiva moderada entre el número de declaratorias y la superficie siniestrada ($\rho = 0.38$, $p = 0.09$), lo cual refleja una alta sensibilidad territorial ante la ocurrencia de lluvias intensas y ciclones. Este comportamiento podría estar asociado con una mayor exposición geográfica, así como con características específicas de la tenencia de la tierra y los sistemas de cultivo (Valdés-Rodríguez, 2025).

En el caso de Espinal, se observó una correlación positiva no significativa en el rendimiento ($\rho = 0.37$, $p > 0.1$). Este patrón podría interpretarse como una posible manifestación de resiliencia agronómica local, probablemente relacionada con prácticas agrícolas adaptativas, infraestructura mínima o la utilización de variedades con mayor tolerancia al estrés hídrico (Valdés-Rodríguez, 2025; CENAPRED, 2021).

Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Valdés-Rodríguez (2025), quien propone que las declaratorias de emergencia pueden ser útiles como indicadores indirectos de vulnerabilidad estructural, particularmente en regiones agrícolas expuestas a eventos extremos. En conjunto, los resultados obtenidos refuerzan la pertinencia de integrar variables climáticas y productivas en el análisis territorial, con miras a delimitar zonas de alta exposición y a fundamentar intervenciones diferenciadas en términos de adaptación al riesgo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten afirmar que existe una relación entre la ocurrencia de declaratorias de emergencia por desastre natural y el comportamiento de la producción de frijol en Veracruz, en particular durante el ciclo agrícola Primavera–Verano. Esta evidencia contribuye al entendimiento de los efectos diferenciados que los fenómenos hidrometeorológicos tienen sobre la agricultura de temporal en contextos de alta exposición.

En ese sentido, se recomienda incorporar esta información en los procesos de planeación agropecuaria, en los esquemas de seguros agrícolas y en las estrategias de adaptación al cambio climático. Los hallazgos presentados pueden ser útiles para reforzar las acciones contempladas en el Eje 2 del Programa Veracruzano de Desarrollo 2025–2030, el cual enfatiza la necesidad de promover el bienestar social y económico a través de enfoques territoriales con criterios de sustentabilidad, gobernabilidad y seguridad.

A futuro, se sugiere avanzar hacia estudios integrales que consideren simultáneamente variables socioeconómicas, edáficas y de manejo agrícola, a fin de perfeccionar los modelos de vulnerabilidad y mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades rurales.

Referencias bibliográficas

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). 2021. Atlas Nacional de Riesgos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. https://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx

Gobierno del Estado de Veracruz. 2025. Programa Veracruzano de Desarrollo 2025–2030. https://repositorio.veracruz.gob.mx/programadegobierno/wp-content/uploads/sites/4/2025/05/PVD_2025-2030.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. Informe especial sobre cambio climático y tierra. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/srccl/

Salas-Martínez, F., Valdés-Rodríguez, O. A., Palacios-Wassenaar, O. M., Márquez-Grajales, A., & Rodríguez-Hernández, L. D. 2021. Reducciones sobre el rendimiento del maíz en grano en la región central de Veracruz, México. Fronteras en la Ciencia de la Tierra, 9, 1027483. https://doi.org/10.3389/feart.2023.1027483

Valdés-Rodríguez, O. A. 2025. Declaratorias de desastre y su afectación en los cultivos de temporal más valiosos de Veracruz. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 12(1), e4015. https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4015

Fuente financiadora

Este trabajo se desarrolló con el respaldo de una beca otorgada por la Secretaría de Ciencias Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), en el marco del programa de Maestría en Desarrollo Regional Sustentable de El Colegio de Veracruz. La beca fue asignada al expediente identificado con el número de CVU: 2045791.

Agradecimientos

Agradezco al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) por la disponibilidad pública de sus bases de datos.

PROGRAMA SEMBRANDO VIDA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS PARA EL DESARROLLO RURAL EN EL AGROECOSISTEMA CENTRO DE VERACRUZ

Yamaris Swaby-Quao[1], Arturo Pérez-Vázquez[1]*, Galdy Hernández-Zárate[1], Esteban Escamilla-Prado[2] y Felipe Gallardo-López[1]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Veracruz km 88.5 carretera federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz CP 91690.
[2]Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México CP 56230
*Autor de correspondencia: parturo@colpos.mx

Palabras Clave: *Cambio climático, agrobiodiversidad, impacto socioecológico.*

Introducción

La agroecología emerge como un paradigma crucial en la búsqueda de sistemas agrícolas sostenibles y resilientes, especialmente en el contexto del cambio climático y la necesidad de desarrollo rural equitativo. Esta disciplina, que integra principios ecológicos, sociales y económicos, ofrece un enfoque holístico para la producción de alimentos, priorizando la salud del suelo, la biodiversidad y el bienestar de las comunidades rurales. Las prácticas agroecológicas, como la diversificación de cultivos, la agroforestería y el manejo integrado de plagas, se han demostrado efectivas para mejorar la resiliencia de los agroecosistemas frente a los impactos del cambio climático, al tiempo que reducen la dependencia de insumos externos y promueven la conservación de los recursos naturales (Altieri y Nicholls, 2020).

En este contexto, los programas de desarrollo rural desempeñan un papel fundamental en la promoción de la agroecología, al proporcionar apoyo técnico, financiero y político a los agricultores y comunidades rurales. Sin embargo, es crucial que estos programas se diseñen e implementen de manera participativa y adaptada a las condiciones locales, reconociendo la diversidad de conocimientos y prácticas agrícolas tradicionales. El cambio climático plantea desafíos adicionales para la agricultura y el desarrollo rural, con impactos como el aumento de la temperatura, la alteración de los patrones de lluvia y la mayor frecuencia de eventos extremos. La agroecología, con su enfoque en la resiliencia y la adaptación, ofrece estrategias clave para hacer frente a estos desafíos, al tiempo que contribuye a la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono en el suelo y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2019).

En México, la agroecología se ha fortalecido en los últimos años, impulsada por movimientos sociales, organizaciones de la sociedad civil y programas gubernamentales como el Programa Sembrando Vida (PSV). Se observa un aumento en la adopción de prácticas agroecológicas en diversas regiones del país, con énfasis en la conservación de la agrobiodiversidad, la producción de alimentos saludables y la promoción de circuitos cortos de comercialización. Sin embargo, persisten desafíos como la falta de acceso a financiamiento, la necesidad de capacitación y asistencia técnica, y la consolidación de mercados justos para los productos agroecológicos. El objetivo fue analizar la implementación de prácticas agroecológicas en las comunidades del agroecosistema centro de Veracruz, específicamente en el contexto del PSV.

Materiales y métodos

La metodología de este estudio se centró en una revisión bibliográfica exhaustiva, que incluyó literatura científica, informes técnicos y documentos gubernamentales relevantes de la Secretaría de Bienestar, específicamente aquellos relacionados con el PSV. Esta revisión permitió comprender el marco conceptual y las políticas existentes sobre las prácticas agroecológicas y el desarrollo rural en el agroecosistema centro de Veracruz. Complementando esta base documental, se realizaron 30 entrevistas a beneficiarios del PSV en las comunidades de la Sierra de Zongolica, Tetla y Puente Nacional. Estas entrevistas fueron fundamentales para analizar directamente la implementación de las prácticas agroecológicas y su impacto en el desarrollo rural desde la perspectiva de los participantes en el programa.

Resultados y discusión

En las áreas del agroecosistema centro de Veracruz, las prácticas agroecológicas son esenciales para la sostenibilidad y la mitigación al cambio climático. La topografía desafiante y la exposición a eventos climáticos extremos requieren estrategias que fortalezcan la resiliencia de los agroecosistemas. La implementación de terrazas, sistemas agroforestales y rotación de cultivos no solo previene la erosión y mejora la retención de agua, sino que también fomenta la biodiversidad y la captura de carbono (Altieri *et al*., 2021). La conservación de variedades criollas de maíz, frijol y café, adaptadas a las condiciones locales, es crucial para la seguridad alimentaria y la preservación del patrimonio biocultural (HLPE, 2019). Además, el uso de abonos orgánicos y la reducción de agroquímicos contribuyen a la mitigación del cambio climático y protegen los ecosistemas montañosos (Gliessman, 2021). Estas prácticas, al integrar conocimientos tradicionales y científicos, promueven un desarrollo rural sostenible y resiliente en estas regiones vulnerables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prácticas agroecológicas en las regiones de estudio, en el centro de Veracruz.

Práctica/ Costumbre	Sierra de Zongolica	Tetla	Puente Nacional	Impacto en Suelo	Impacto en Biodiversidad
Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF).	Diversidad de maíces criollos y frijoles, calabaza, haba, durazno, manzana, Ciruela, Aguacate Hass	Calabaza, frijol, maíz, durazno, aguacate criollo, manzana	Presente, principalmente maíz y frijol, tamarindo, mango	Mejora estructura, fertilidad, retención de agua	Diversidad de cultivos, polinizadores, fauna benéfica
Sistemas Agroforestales	Encino, Tlaxca, Ilite, Pino espátula	Casuarina, Ocote,	Cedro blanco, cedro rosado, roble,	Aumenta materia orgánica, reduce erosión, captura carbono	Diversidad de especies vegetales y animales, hábitat para fauna silvestre
Terrazas	Común en laderas pronunciadas	Común en las parcelas en los cerros	Poco común	Previene erosión, conserva suelo, mejora retención de agua	Conserva hábitats, reduce pérdida de biodiversidad
Captación de Agua de Lluvia	Común, almacenamiento en cisternas y jagüeyes	Poco común	Poco común	Mejora disponibilidad de agua, reduce erosión hídrica	Favorece vegetación, disponibilidad de agua para fauna
Abonos Orgánicos	Común, uso de compost, estiércol, abonos verdes	Común, principalmente compost	Común, uso de estiércol y residuos de cultivos	Aumenta materia orgánica, mejora fertilidad, estructura del suelo	Favorece microorganismos benéficos, reduce dependencia de agroquímicos
Rotación de Cultivos	Común, leguminosas, cereales, hortalizas	Común, principalmente maíz, frijol y hortalizas	Común, maíz, frijol, cultivos de ciclo corto	Mejora fertilidad, reduce plagas y enfermedades, previene erosión	Diversidad de cultivos, reduce monocultivos
Conservación de Semillas Criollas	Bancos comunitarios, intercambio de semillas	Conservación familiar	Conservación familiar	Conserva diversidad genética, adaptación a condiciones locales	Preserva variedades locales, conocimiento tradicional
Siembra siguiendo las curvas de nivel	Común en laderas	Común en las parcelas del PSV	Poco común	Previene erosión, conserva suelo, mejora infiltración de agua	Conserva hábitats, reduce pérdida de biodiversidad
Utilización de barreras vivas y muertas	Común en laderas, cercas vivas, muros de piedra	Común en las parcelas del programa	Poco común	Previene erosión, conserva suelo, mejora infiltración de agua	

Conclusiones

La implementación de prácticas agroecológicas en el agroecosistema centro de Veracruz ha demostrado un impacto socioecológico positivo, fortaleciendo la seguridad alimentaria, mejorando la salud del suelo y conservando la biodiversidad.

La recuperación de semillas criollas y el conocimiento tradicional asociado han empoderado a las comunidades, fortaleciendo su autonomía alimentaria y resiliencia ante eventos climáticos extremos. Los sistemas agroforestales y la milpa han diversificado la producción, proporcionando una base más estable para el desarrollo rural.

Para maximizar el potencial de la agroecología en el desarrollo rural, es crucial implementar estrategias integrales que aborden tanto los aspectos productivos como los socioeconómicos. Esto incluye fortalecer las cadenas de valor locales, proporcionar capacitación y asistencia técnica continua, y desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático.

La revalorización de técnicas ancestrales no solo preserva el patrimonio cultural, sino que también fortalece el tejido social de las comunidades. La participación activa de las comunidades en la toma de decisiones es esencial para garantizar la efectividad y sostenibilidad de los programas de apoyo.

Las prácticas agroecológicas representan una vía prometedora hacia un desarrollo rural sostenible. Sin embargo, se requiere un compromiso continuo y una colaboración estrecha entre las comunidades, las instituciones gubernamentales y la sociedad civil para superar los desafíos y construir un futuro más próspero y equitativo.

Referencias bibliográficas

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. 2020. Agroecology: science and politics. CRC press.

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Montalbán, M. A., & Lander, P. 2021. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. Agronomy for Sustainable Development, 41(2):1-13.

Gliessman, S. R. 2021. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. CRC press.

HLPE (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition). 2019. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance1 food security and nutrition. Rome: FAO.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. IPCC.

PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE SATISFACCIÓN HÍDRICA PARA LA GESTIÓN AGRÍCOLA Y SU APLICACIÓN EN MANGO EN ACTOPAN, VERACRUZ

José Angel Bonilla-Osorio[1], Paulo César Parada-Molina[2]*, Carlos Roberto Cerdán-Cabrera[2], Gabriela Sánchez-Viveros[2] y María Esther Díaz-Martínez[2]

[1]Universidad Veracruzana. Facultad de Instrumentación Electrónica. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, C.P. 91090, Xalapa-Enríquez, Ver. México.
[2]Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, C.P. 91090, Xalapa-Enríquez, Ver. México.
*Autor de correspondencia: pparada@uv.mx

Palabras clave: E*vapotranspiración, Mango, Déficit hídrico.*

Introducción

A nivel mundial, el uso y gestión del agua han sido un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura. Muchas regiones experimentan crecientes problemas de déficits hídricos, debido a una demanda implacable frente a recursos hídricos estáticos o en disminución, y a las periódicas sequías por factores climáticos (Winpenny *et al.,* 2013). La evapotranspiración es fundamental para tomar mejores decisiones en la planeación y manejo del agua, ya que está en función de las condiciones meteorológicas del área, así como de las características anatómicas y fisiológicas de la vegetación.

En México, la agricultura es el principal consumidor de agua, ocupando alrededor del 76%, lo que hace al país dependiente de la disponibilidad y gestión adecuada de este recurso. El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los cultivos con mayor potencial económico en el extranjero, representando para México una importante fuente de divisas, al ser el principal país oferente de mango en los mercados internacionales, con Estados Unidos como su principal comprador, y su cultivo se extiende a 23 estados del país.

El conocimiento de la evapotranspiración (ET) y del coeficiente de cultivo (Kc) es fundamental para planificar y gestionar el riego. Los estudios previos han demostrado que el análisis del balance hídrico, considerando la relación entre la ET del cultivo (ETc) y la precipitación, es crucial para identificar periodos de déficit o excedentes hídricos. Sin embargo, no se cuenta con una metodología que cuantifique y clasifique el grado de satisfacción hídrica en los cultivos.

En este contexto, el objetivo general de este estudio es desarrollar y aplicar un Índice de Satisfacción Hídrica (ISH) como herramienta para la gestión agrícola, mediante la evaluación de la evapotranspiración de referencia (ET0) y el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc). El Índice de Satisfacción Hídrica (ISH) permite cuantificar y clasificar de manera objetiva los periodos de déficit o excedente hídrico. La propuesta del ISH es una herramienta simple y práctica para productores y tomadores de decisiones para el diseño de estrategias de riego, buscando un aumento en la producción y calidad del cultivo.

Materiales y métodos

El municipio de Actopan, Veracruz, se encuentra entre los paralelos 19° 23’ y 19° 44’ de latitud norte; los meridianos 96° 20’ y 96° 48’ de longitud oeste; altitud entre 1 y 1000 msnm. El estudio se realizó con los datos de una estación meteorológica automática dentro del municipio, durante el periodo de un año y tres meses, a partir de abril de 2022 hasta junio de 2023, en un intervalo de 30 minutos. La metodología se dividió en tres etapas. Primero, se calculó la evapotranspiración de referencia (ET0) mediante la ecuación FAO Penman-Monteith (Allen *et al.,* 1998). Después, se estimó la evapotranspiración del cultivo (ETc) aplicando un coeficiente del cultivo (Kc) único de 0.8 para el mango. Y como aporte metodológico, se desarrolló el Índice de Satisfacción Hídrica (ISH), definido como la precipitación mensual y la ETc (ISH = P/ETc), el cual permite clasificar la satisfacción hídrica del cultivo en diferentes niveles, desde déficit extremo a excedente muy alto.

Cuadro 1. Clasificación del Índice de Satisfacción Hídrica.

ISH	Clasificación	Interpretación breve
> 2.0	Excedente muy alto	Riesgo de saturación, anegamiento o lixiviación grave
1.5 – 2.0	Excedente alto	Posible lixiviación, poca eficiencia del uso del agua
1.2 – 1.5	Excedente moderado	Posible saturación y pérdida por lixiviación
1.0 – 1.2	Suficiencia óptima	Condiciones ideales para el cultivo
0.8 – 1.0	Ligeramente deficiente	Tolerable para cultivos resistentes
0.5 – 0.8	Déficit moderado	Estrés que puede afectar rendimiento
0.2 – 0.5	Déficit severo	Estrés significativo, afecta procesos fisiológicos
< 0.2	Déficit extremo	Riesgo alto de daños y pérdidas totales

Resultados y discusión

Comparación de normales climatológicas. La Figura 1 ilustra la comparación de la temperatura y precipitación mensual entre dos periodos de normales climatológicas: 1971-2000 y 1991-2020. Aunque entre ambos periodos el patrón general es análogo, es evidente una disminución de la precipitación anual al comparar ambos periodos, pasando de 871.3 mm (1971-2000) a 831.4 mm (1991-2020). Esto representa un decremento de casi 40 mm anuales. La temperatura media se ha mantenido relativamente igual en 24.2°C; sin embargo, se espera un aumento de la temperatura y una disminución adicional de la precipitación en los próximos años (Martínez Austria &y Patiño Gómez, 2012).

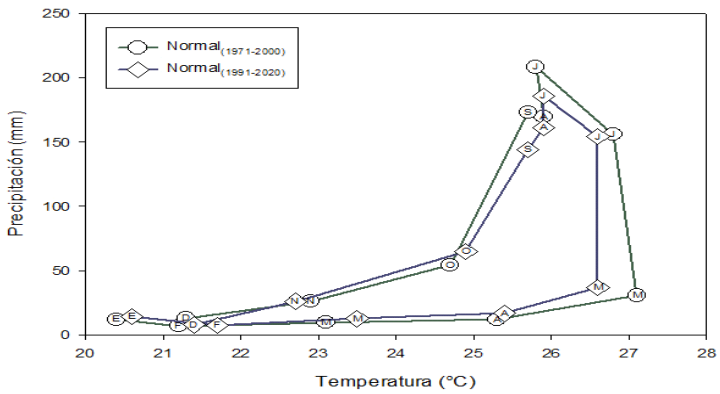


Figura 1. Comparación de normales climatológicas (1971-2000 vs. 1991-2020) de la estación climatológica el Diamante.

Comportamiento del Índice de Satisfacción Hídrica (ISH) en relación con la precipitación y la evapotranspiración de referencia. En la Figura 2 se atisba la gráfica del Índice de Satisfacción Hídrica en relación con la precipitación (Pcp) y la evapotranspiración del cultivo (ETc). A lo largo de los 15 meses, la precipitación acumulada fue de 1006.3 mm, mientras que la evapotranspiración del cultivo (ETc) alcanzó los 2401.2 mm, de modo que, la precipitación apenas cubrió el 41.9% del agua requerida por el mango.

La Figura 2 permite identificar los periodos de déficit y excedente hídrico. Se observaron tres periodos críticos de déficit hídrico donde la demanda superó ampliamente la oferta de lluvia: abril y mayo de 2022; julio y agosto de 2022; más prolongada y severa, de octubre de 2022 a junio de 2023. En contraste, los excedentes hídricos fueron escasos, ocurriendo solo en junio y septiembre de 2022. Los resultados del ISH confirman que la precipitación fue drásticamente insuficiente en la mayoría de los meses, ya que, 8 de los 15 meses, se clasificó en la categoría de Déficit Extremo (ISH < 0.2), en los meses: abril, octubre, diciembre de 2022 y enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2023, con precipitación fue poco significativa con alta demanda del cultivo. Estás condiciones de estrés puede afectar procesos fisiológicos críticos como: floración, cuajado y calidad del fruto, aun cuando el mango es relativamente tolerante al estrés hídrico (Ruiz *et al.,* 2013). Así mismo, mayo y agosto de 2022 registraron un Déficit Severo (ISH = 0.3) y noviembre de 2022 presentó un Déficit Moderado (ISH = 0.6). Por otro lado, julio de 2022 y junio de 2023 se clasificaron como ligeramente deficientes (ISH = 0.9), lo que implica que la precipitación estuvo cerca de cubrir la demanda hídrica. Los únicos meses con excedentes se dieron en junio de 2022 (ISH = 1.7) y septiembre de 2022 (ISH = 2.3), clasificados como excedente alto y excedente muy alto respectivamente;

sin embargo, estos mismos excedentes pueden causar lixiviación o anegamiento del suelo, lo que podría tener repercusiones en el cultivo.

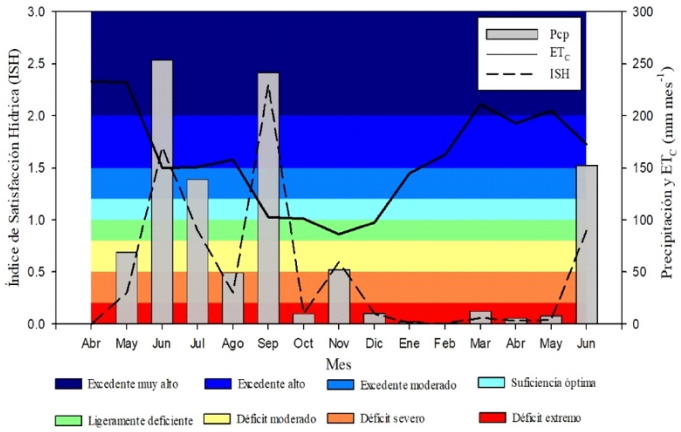


Figura 2. Índice de Satisfacción Hídrica (ISH) mensual con base en precipitación y evapotranspiración de referencia (ETc).

Conclusiones

Durante el periodo de análisis, la precipitación solo cubrió el 41.9% de la demanda hídrica del cultivo. Más de la mitad del periodo presentó condiciones de déficit extremo (8 de 15 meses), lo cual puede afectar procesos fisiológicos del cultivo. Asimismo, se observó una reducción en la precipitación anual al comparar las normales climatológicas (1971-2000 y 1991-2020). El Índice de Satisfacción Hídrica resultó ser una herramienta eficaz para cuantificar y clasificar el balance hídrico, de modo que, facilita la toma de decisiones en la gestión del agua en la agricultura.

Referencias bibliográficas

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Martínez Austria, P. F. & Patiño Gómez C. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. Tecnología y ciencias del agua, 3(1):5-20. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000100001&lng=es&tlng=es.

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 cultivos. Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564p.

Winpenny, J., Collado, J., Hernández, F., Torricelli, R., Heinz, I., Koo-Oshima, S., *et al.,* .2013. Reutilización del agua en la agricultura ¿beneficios para todos? (vol 35). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/916c897d-a65a-4e72-8b0b-c1022154c7df/content

VENTAJAS COMPETITIVAS Y CAUSAS DE CIERRE EN UNIDADES ACUÍCOLAS DE VERACRUZ: UN ANÁLISIS DESDE MÚLTIPLES DIMENSIONES

Fabiola Beltrán-García[1], Diego E. Platas-Rosado[1], Felipe Gallardo-López[1], Alberto Asiain-Hoyos[1] y Juan C. Hernández-Arzaba[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Ver. México. C.P. 91700.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Manuel León, Amatlán de los Reyes, Ver., México. C.P.94953
*Autor de correspondencia: beltran.fabiola@colpos.mx

Palabras clave: *Resiliencia, cambio climático, acuacultura.*

Introducción

La acuacultura se ha convertido en uno de los sectores productivos de mayor dinamismo en México, superando el ritmo de crecimiento de la agricultura, la ganadería y la silvicultura. Gracias a su extensa franja costera, abundantes cuerpos de agua dulce y salobre, y la presencia de mano de obra calificada, México posee condiciones favorables para impulsar la producción acuícola. Sin embargo, este potencial enfrenta retos importantes debido a fenómenos meteorológicos extremos vinculados al cambio climático, situación que exige fortalecer la capacidad de adaptación de las unidades productivas mediante nuevas aproximaciones como el análisis de la resiliencia (Holling, 1973). La resiliencia, desde una perspectiva sistémica, se entiende como la capacidad de los sistemas para resistir perturbaciones, reorganizarse y mantener su funcionamiento esencial. La teoría general de sistemas destaca que cualquier elemento forma parte de una red de interacciones donde los cambios afectan al conjunto (Bertalanffy, 1968). Bajo esta lógica, la acuacultura no puede evaluarse de forma aislada, sino como un sistema complejo donde convergen factores ecológicos, sociales y económicos. El concepto de resiliencia socioecoambiental amplía esta visión al integrar la idea de que los sistemas humanos y naturales están acoplados y evolucionan de forma dinámica y conjunta, reconociendo la importancia de redes comunitarias, conocimientos locales y manejo sostenible de recursos para responder de manera más efectiva a crisis y cambios imprevistos (Folke *et al*., 2010; Toledo & Barrera-Bassols, 2008). Además, la teoría de las ventajas competitivas aporta elementos para identificar factores diferenciales como la diversificación, la innovación y la organización colectiva como estrategias para fortalecer la posición de las unidades de producción frente a escenarios cada vez más inciertos (Porter, 1991). El objetivo general de este trabajo es evaluar la resiliencia socioecoambiental de las unidades de producción acuícola en Veracruz durante el periodo 2005–2024. Para alcanzar esta meta se plantean los siguientes objetivos específicos: (1) identificar los factores clave de carácter económico, social y ecológico que inciden en la resiliencia; (2) diseñar y aplicar encuestas estructuradas a productores para obtener información contextual; (3) generar mapas de calor como herramienta visual para ubicar espacialmente los niveles de resiliencia; y (4) proponer recomendaciones prácticas para fortalecer la capacidad adaptativa y reducir la vulnerabilidad de las unidades productivas ante eventos climáticos extremos. El uso de mapas de calor facilita la interpretación de los datos al mostrar patrones claros y comparativos, apoyando la toma de decisiones para la gestión sostenible. Este enfoque busca aportar una base sólida para transitar hacia modelos productivos regenerativos y equitativos, capaces de enfrentar la incertidumbre y contribuir a la seguridad alimentaria en el contexto actual.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo la evaluación de la resiliencia socioecoambiental de las unidades de producción acuícola en Veracruz, se diseñó un estudio con enfoque mixto que integra herramientas cuantitativas y cualitativas para obtener información detallada y contextualizada. El trabajo de campo se realizó en diversas granjas acuícolas ubicadas en municipios de la zona costera y de cuerpos de agua interiores del estado, seleccionadas por su diversidad en especies cultivadas, escalas de operación y características socioeconómicas. La muestra se definió mediante un muestreo intencional y estratificado, considerando variables como el tamaño de la unidad de producción, tipo de especie cultivada en su mayoría tilapia y trucha, infraestructura disponible y localización geográfica, así como de áreas impactadas por huracanes o variaciones climáticas atípicas derivadas del cambio climático. Para la recolección de datos se diseñaron encuestas estructuradas con preguntas cerradas y semiabiertas que permitieron recopilar información relacionada con aspectos económicos como ingresos y costos,

variables sociales como organización comunitaria y conocimientos locales, así como factores ecológicos vinculados al uso de recursos, prácticas de manejo y capacidad de respuesta ante fenómenos climáticos extremos. Estas encuestas se complementaron con entrevistas a profundidad a productores y observación directa en campo para validar y enriquecer los datos obtenidos. La información recolectada se organizó en matrices de datos multidimensionales y se analizó mediante estadística descriptiva para identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables clave. Posteriormente, se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica para generar mapas de calor que permitieron representar espacialmente los niveles de resiliencia de cada unidad productiva y de cada zona de estudio. El diseño metodológico seguido fue de tipo no experimental, transversal y descriptivo, lo que implicó la recolección de información en un solo momento temporal para describir la situación actual de la resiliencia y sus principales determinantes. La investigación se estructuró en cuatro fases: primero, se desarrolló un diagnóstico preliminar mediante revisión de literatura y selección de unidades representativas; en la segunda fase se ejecutó el trabajo de campo, aplicando encuestas y entrevistas, registrando coordenadas y observando prácticas de manejo; la tercera etapa comprendió el procesamiento y análisis de los datos, organizando la información en bases de datos y generando matrices de ponderación para elaborar los mapas de calor; finalmente, en la cuarta fase, se interpretaron los resultados para identificar zonas de vulnerabilidad y fortalezas, proponiendo recomendaciones prácticas que contribuyan a reforzar la resiliencia y la sostenibilidad de las unidades acuícolas frente a eventos climáticos adversos.

Resultados y discusión

El análisis de las unidades de producción acuícola en Veracruz durante el periodo 2005–2024 revela una alta heterogeneidad en los niveles de resiliencia socioecoambiental, determinada por múltiples factores económicos, sociales y ecológicos. A través de encuestas, entrevistas y mapas de calor, se identificaron patrones recurrentes que explican tanto las ventajas competitivas como las causas de cierre de granjas acuícolas en la región. Entre las ventajas competitivas más relevantes destacan la diversificación productiva y comercial, el acceso a infraestructura técnica adecuada, así como la vinculación con canales de comercialización estables, especialmente en unidades que cuentan con acceso directo a restaurantes o mercados locales. Estas características, combinadas con el capital humano capacitado y la pertenencia a organizaciones colectivas, se traducen en una mayor adaptabilidad frente a perturbaciones climáticas y económicas. Las unidades ubicadas en zonas con acceso a cuerpos de agua limpia, altitudes medias y menor exposición a eventos extremos mostraron una resiliencia más robusta. Estas condiciones permitieron mantener ciclos productivos estables y una gestión preventiva ante fenómenos hidrometeorológicos, validando lo propuesto por autores como Folke *et al*. (2010), quienes plantean que la resiliencia depende de redes sociales sólidas y capacidades institucionales activas. En contraste, se observó que las principales causas de cierre estuvieron vinculadas a la falta de financiamiento, la ausencia de programas de capacitación, y la escasa participación en esquemas asociativos. En muchos casos, la dependencia de subsidios temporales sin acompañamiento técnico sostenido debilitó la continuidad de las unidades. Además, el relevo generacional ausente, combinado con la baja escolaridad en zonas rurales, redujo la innovación tecnológica y la implementación de prácticas adaptativas. Estas debilidades se acentuaron en granjas ubicadas en zonas de alta exposición a huracanes o con limitada infraestructura hidráulica, lo cual incrementó su vulnerabilidad ante el cambio climático. Los mapas de calor generados permiten visualizar claramente zonas críticas con niveles bajos de resiliencia, principalmente en regiones expuestas a inundaciones o con deficiencias estructurales. En cambio, otras áreas mostraron concentración de factores positivos, lo cual sugiere la posibilidad de replicar buenas prácticas y fomentar redes de cooperación local. Este hallazgo coincide con la perspectiva sistémica de la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1968), al evidenciar que el fortalecimiento de nodos clave puede beneficiar al conjunto del sistema acuícola regional.

Conclusiones

En términos de política pública, los resultados indican la necesidad de diseñar estrategias diferenciadas, que reconozcan la diversidad territorial, el contexto social y los riesgos ambientales. Reforzar los procesos de formación técnica, facilitar el acceso a financiamiento con visión de largo plazo, y promover mecanismos de gobernanza participativa son acciones clave para mejorar la resiliencia. En definitiva, comprender las ventajas competitivas y las causas de cierre desde una óptica socioecoambiental permite orientar acciones más eficaces para transitar hacia una acuacultura sostenible, equitativa y climáticamente resiliente en Veracruz.

Referencias bibliográficas

Bertalanffy, Ludwig von. 1968. General System Theory: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller.

Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. 2010. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. Ecology and Society, 15(4), 20.

Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4: 1–23.

Porter, M. E. 1991. La ventaja competitiva de las naciones. Barcelona: Plaza & Janés.

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. 2008. La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Barcelona: Icaria.

EVALUACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN UN SISTEMA AGROFORESTAL Y UNA UNIDAD DE MANEJO AMBIENTAL EN CATAZAJÁ, CHIAPAS

Edilberto Tolentino Magdaleno-Gómez[1], Aida Montserrat González-Cruz[1], Leonardo Gabriel Aguilar-Jiménez[1], José Juan Macías-Coutiño[1] y Sonia Teresa Cruz-Vasconcelos[1*]

[1]Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad Maya de Estudios Agropecuarios. Carretera Catazajá-Palenque Km. 4 C.P. 29980, Catazajá, Chiapas, México.
*Autor de correspondencia: sonia.cruz@unach.mx

Palabras clave: *Biomasa, UMA, SAF, Hojarasca.*

Introducción

El cambio climático se ha consolidado como uno de los principales retos ambientales a nivel global, afectando gravemente los ecosistemas, el clima y la biodiversidad (IPCC, 2021). Este fenómeno, intensificado por actividades humanas como la deforestación y la quema de combustibles fósiles, contribuye a la desertificación y a la disminución de la disponibilidad hídrica. Frente a esta crisis, los ecosistemas juegan un papel clave mediante los servicios ambientales que ofrecen, como la captura de carbono, la regulación del clima y la conservación del suelo. En este contexto, los Sistemas Agroforestales (SAF) surgen como una alternativa que integra árboles y cultivos en una misma unidad productiva, promoviendo beneficios ecológicos y sociales (Díaz *et al*., 2023). Estas prácticas, han sido fundamentales para comunidades rurales que dependen de los recursos naturales. Por lo anterior, este estudio tiene como objetivo comparar la capacidad de captura de carbono entre una Unidad de Manejo Ambiental (UMA) y un Sistema Agroforestal (SAF) de café (*Coffea arabica*) en asociación con *Acacia mangium*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Facultad Maya de Estudios Agropecuarios en Catazajá, Chiapas. Se delimitaron 9 parcelas de 20 × 20 m en ambos sistemas y dentro de cada sitio de muestreo, tanto en la UMA como el sistema agroforestal se colocaron cajas de madera de 50 x 50 x 20 cm con la finalidad de capturar la hojarasca. En los sitios de muestreo de 400 m^2 se midieron variables dasométricas, diámetro normal y altura total. La hojarasca se recolectó en las cajas de trampeo durante los meses de febrero a abril de 2025, mismas que se secaron a temperatura ambiente y luego se pesaron. Se calcularon áreas basales y volúmenes para estimar biomasa. Se utilizó ANOVA y prueba de Tukey para el análisis estadístico de la captura de carbono. Además, se identificaron las especies arbóreas presentes en la UMA.

El volumen total del árbol se calculó multiplicando el área basal por la altura total (HT) del árbol por un factor de forma (f) con el fin de ajustar la fórmula para tener en cuenta la forma cónica del árbol.

Resultados y discusión

El análisis estadístico mostró que no hubo diferencias significativas en la captura de carbono considerando el volumen del arbolado, ni en la cantidad de hojarasca capturada entre la UMA y el SAF. Sin embargo, el sitio 2 en la UMA destacó por su alta captura de carbono en volumen, atribuida a la presencia de un árbol de *Ceiba pentandra* (Cuadro 1).

La comparación entre la Unidad de Manejo Ambiental (UMA) y el Sistema Agroforestal (SAF) reveló que ambos sistemas presentan capacidades similares para la captura de carbono, lo que respalda la viabilidad del SAF como una estrategia agroecológica y redituable. En particular, la asociación entre *Acacia mangium* y *Coffea arabica* demostró ser prometedora tanto para la mitigación del cambio climático como para la provisión de servicios ecosistémicos, lo cual confirma el valor estratégico de los SAF en entornos rurales.

Al convertir la cantidad de carbono capturado por hectárea, se obtuvo una media de 185.17 t C/ha en la UMA y de 147.65 t C/ha en el SAF. La producción de hojarasca también fue comparable entre ambos: 343.11 kg/ha en la UMA y 304.14 kg/ha en el SAF. Cabe destacar que únicamente el sitio 2 dentro de la UMA mostró una diferencia significativa, atribuida a la presencia de un ejemplar de *Ceiba pentandra* con dimensiones sobresalientes, lo que influyó notablemente en la captura de carbono registrada.

Cuadro 1. Captura de carbono calculada a partir del volumen de arbolado.

Ecosistema	Sitio	Medias
Sistema Agroforestal (SAF)	9	0.02 a
	7	0.06 a
	8	0.07 a
Unidad de Manejo Ambiental (UMA)	6	0.10 a
	5	0.12 a
	1	0.13 a
	4	0.15 a
	3	0.34 a
	2	0.85 b

Medias con letras distintas en una columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Estos valores son consistentes con lo reportado por Masuhara (2012), quien encontró que sistemas agroforestales evaluados en Huatusco, Veracruz, pueden almacenar entre 133 y 188 t C/ha. En ese sentido, se considera que un rango superior a 50 t C/ha representa un aporte significativo a la mitigación del cambio climático, mientras que valores por debajo de este umbral, aunque más bajos, no deben considerarse irrelevantes.

Así, los resultados obtenidos en este estudio indican que, a pesar del carácter productivo del SAF, su potencial de captura de carbono atmosférico es comparable al de un ecosistema conservado como la UMA. Esto refuerza el papel de los sistemas agroforestales como soluciones basadas en la naturaleza, capaces de generar beneficios ecológicos, productivos y sociales, sin comprometer los servicios ambientales esenciales.

Conclusiones

La evaluación de la captura de carbono en la Unidad de Manejo Ambiental (UMA) y en el Sistema Agroforestal (SAF) evidenció que ambos sistemas contribuyen significativamente a la mitigación del cambio climático, al presentar valores de captura por hectárea dentro del rango considerado como adecuado (>50 t C/ha). También cabe resaltar que la presencia de individuos arbóreos de gran porte, como *Ceiba pentandra*, puede influir significativamente en los valores de captura, lo cual subraya la importancia de la diversidad estructural en estos ecosistemas.

Referencias bibliográficas

Díaz, R., López, J., Ramírez, L., y Torres, A. 2023. Evaluación de captura de carbono en sistemas agroforestales jóvenes. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 14(75), 45–59.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Masuhara, A. 2012. Evaluación del contenido de carbono en sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

TOLERANCIA A LA INUNDACIÓN DEL SUELO EN CLONES DE *Coffea canephora*: RESPUESTAS FOTOSINTÉTICAS Y DAÑO FOLIAR

Marco Antonio Toral-Juárez[1*], Rodrigo Teixeira-Ávila[2] y Fábio Murilo-DaMatta[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carretera Federal Veracruz – Córdoba, C.P.94270, municipio Medellín de Bravo, Veracruz, México.
[2]Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Vegetal, Viçosa, 36570-900, Minas Gerais, Brasil.
*Autor para correspondencia: toral.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Fotosíntesis líquida, conductancia estomática, sobrevivencia.*

Introducción

La sequía y la inundación son los principales estreses abióticos que afectan el desarrollo y productividad de los cultivos. En los últimos 60 años, la frecuencia de inundación aumentó en todas las regiones agrícolas del mundo, hecho asociado al cambio climático (Sasidharan *et al.,* 2017). La inundación del suelo provoca una difusión más lenta del oxígeno disuelto en agua, que, por su vez, acarrea una rápida reducción de la disponibilidad del oxígeno en la rizosfera conocida como hipoxia (Olmo-Vega *et al*., 2017). La hipoxia de las raíces altera la absorción de nutrientes y agua, afectando así negativamente el crecimiento del cultivo.

Apenas dos especies, *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, dentro de más de 100 especies del genero Coffea, son económicamente importantes, contribuyendo aproximadamente con 99% de la producción mundial de café. En el caso del *C. canephora*, existe una considerable variación intraespecífica en cuanto la tolerancia a seca. Sin embargo, nada se conoce sobre la tolerancia de *C. canephora* al estrés por inundación del suelo. Registros indican que la inundación del suelo es también un factor limitante en la producción de *C. canephora*, especialmente en regiones con suelos arcillosos, zonas bajas y de topografía plana (Bunn *et al*., 2015).

En especies leñosas, como cítricos, por ejemplo, la tolerancia al exceso de agua en el suelo está asociada al óptimo desempeño fotosintético (Arbona *et al*., 2009). La hipótesis de este trabajo, se basa en el hecho de que clones de *C. canephora* más tolerantes a seca, también mostrarían mayor tolerancia a la inundación del suelo; sin embargo, esta tolerancia estaría atribuida a una eficiente performance fotosintética. Específicamente, este trabajo tiene como objetivo determinar la tolerancia a la inundación del suelo en clones de *C. canephora* mediante respuestas fotosintéticas y daño foliar. Estos clones fueron previamente identificados con tolerancias diferenciadas al déficit hídrico.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en Viçosa (20°45’ S, 42°54’ O, 650 m de altitud), sureste de Brasil, bajo condiciones controladas, en casa de vegetación. Fueron utilizados dos clones de *C. canephora*: 120 (tolerante a seca) y 109A (sensible a seca). Los clones fueron producidos a partir de estacas de raíces en el Instituto de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Espirito Santo, Brasil. Treinta días antes del trasplante, las plantas fueron aclimatadas a las condiciones ambientales de la casa de vegetación. Cuando las plantas alcanzaron el cuarto par de hojas completamente expandido, los clones fueron trasplantados en macetas de 12 L, conteniendo una mezcla de suelo, arena y estiércol bovino (3:2:1, v/v/v). Las plantas fueron cultivadas por ocho meses, bajo irrigación periódica, de modo que la humidad del suelo permaneciese próxima a capacidad de campo. Plantas de dos clones con un año de edad fueron sometidas a dos tratamientos de irrigación (control e inundación) en un diseño completamente al azar en esquema factorial de 2x2. Plantas del “tratamiento control” tuvieron un régimen de irrigación de suelo en capacidad de campo hasta el final del tratamiento, en cuanto las plantas del “tratamiento inundación” tuvieron una lámina de agua de 5 cm arriba de la superficie del sustrato. El agua fue repuesta diariamente con la finalidad de mantener una lámina de agua constante. Una planta por maceta constituyó una repetición.

Fue desarrollado un experimento constituido por los cuatro tratamientos ya mencionados, con cinco repeticiones. Fueron utilizadas 10 plantas por clon, de las cuales cinco fueron sometidas al tratamiento por inundación y las otras cinco, utilizadas como tratamiento control. Después de 12 días de inundación continua, el exceso de agua fue drenado y el suelo permaneció con humedad próxima a capacidad de campo. Se acompañó la recuperación de las plantas afectadas por la inundación del suelo a lo largo de 60 días para examinar la sobrevivencia de las

plantas estresadas. Durante el periodo de inundación, fueron realizadas en todos los tratamientos las evaluaciones de intercambio de gases y daño foliar.

Las variables de intercambio de gases [tasa de fotosíntesis líquida (*A*) y conductancia estomática al vapor de agua (g_s)], se obtuvieron usándose dos sistemas abiertos portables de intercambio de gases previamente calibrados entre sí (LI-6400XT; LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA. Mediciones periódicas de intercambio de gases (1, 3, 6, 9 y 12 días) se realizaron a las 08:00 – 10:00 h y 11:00 – 13:00 h. Las mediciones se realizaron en hojas totalmente expandidas, bajo radiación fotosintéticamente activa (RFA) artificial, 1000 µmol fotones m^{-2} s^{-1} en nivel de las hojas y 405 µmol de CO_2 mol^{-1} aire. En respuesta al estrés, las plantas presentaron hojas con síntomas de marchitez y nervuras amarillas (clorosis). El daño visible de esos dos síntomas fue expresado en términos de porcentaje de hojas afectadas por la inundación.

Los datos obtenidos fueron expresados como media ± error estándar. Las diferencias entre las medias fueron examinadas usándose la prueba de *t* (Student). Los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa computacional Statistica versión 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, USA).

Resultados y discusión

En este trabajo fue evaluado la tolerancia de dos clones de (120 y 109A) de *C. canephora* a lo largo de 12 días de inundación del suelo, mediante mediciones de intercambio de gases y porcentaje de hojas afectadas por el estrés. En ambos clones, la inundación disminuyó el valor de *A* progresivamente, desde el inicio de la imposición del estrés. Después de seis de inundación, el valor de *A* quedó próximo de cero en el clon 109A (Figura 1B), en cuanto en el clon 120 *A* fue cerca de 1/3 en relación a los valores encontrados en las plantas-control (Figura 1A). En paralelo, g_s fue disminuida por la inundación, evidenciado un cierre estomático casi completo en el clon 109A después de seis días de estrés (Figura 1D), en cuanto en el clon 120 hubo una reducción de g_s, sin embargo no significativa en comparación a la g_s de las plantas-control (Figura 1C). Con 12 días de inundación de suelo, los parámetros de *A* y g_s fueron reducidos a valores próximos de cero en ambos clones.

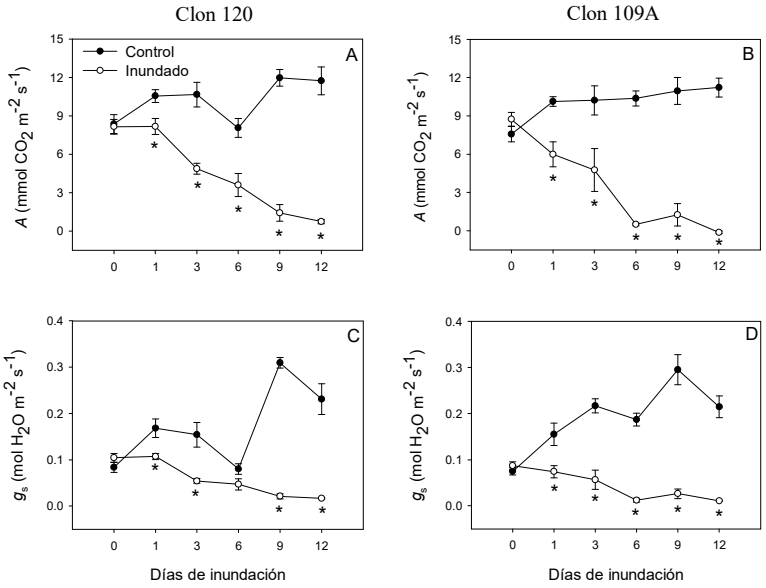


Figura 1. Parámetros de intercambio de gases: A-B) tasa de fotosíntesis líquida (*A*) y C-D) conductancia estomática al vapor de agua (g_s) obtenidos en hojas de dos clones de *C. canephora* sometidos por 12 días de inundación del suelo; plantas-control permanecieron en capacidad de campo. Asteriscos indican diferencias significativas (prueba *t*, P≤0.05) entre tratamientos de irrigación para un mismo clon. Cada valor representa la media ± error estándar, *n* = 5.

El daño visible a las hojas fue evidente después de seis días de inundación continua en los clones. Después de 12 días de estrés, el porcentaje de daños en las hojas aumentó significativamente en ambos clones, aunque con diferentes grados de afectación entre ellos (Figura 2). Al final del experimento, dos de cinco plantas del clon 120 sobrevivieron, y apenas una planta del clon 109A se mantuvo viva después de la inundación.

Las afectaciones de *A* y g_s por la inundación del suelo, fueron similares a los realizado por León-Burgos *et al*. (2022) bajo las mismas condiciones de estrés en la variedad Cenicafé 1, después de ocho días de inundación de suelo, el crecimiento y el rendimiento fisiológico de las plantas de café se vieron significativamente afectados, registrándose aumentos en la senescencia prematura de las hojas y la abscisión foliar.

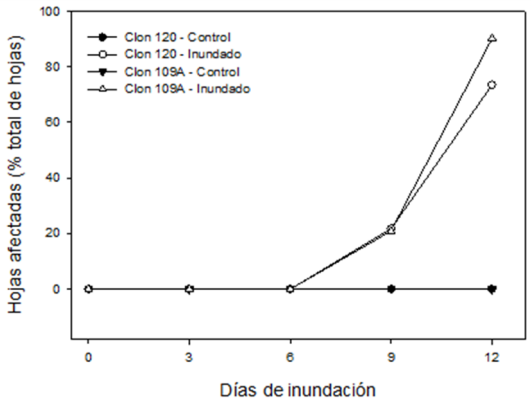


Figura 2. Porcentaje de hojas de dos clones de *C. canephora* exhibiendo nítidas señales de marchitamiento y clorosis en respuesta a los tratamientos de irrigación (control e inundación). Las observaciones fueron hechas durante 12 días de inundación del suelo; plantas-control permanecieron en capacidad de campo.

Conclusiones

Los dos clones de *C. canephora* exhibieron rápidas respuestas a la inundación del suelo, se sugiere que los dos clones son sensibles a los efectos de la inundación; sin embargo, el clon 120 fue más tolerante a 12 días de inundación de suelo al mostrar retardo en la caída de fotosíntesis líquida y mayor sobrevivencia de plantas al estrés.

Referencias bibliográficas

Arbona, V., López-Climent, M. F., Pérez-Clemente, R. M., & Gómez-Cadenas, A. 2009. Maintenance of a high photosynthetic performance is linked to flooding tolerance in citrus. *Environmental and Experimental Botany* 66(1): 135–142. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.12.011

Bunn, C., Läderach. P., Ovalle, O. R., & Kirschke, D. 2015. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*. 129: 89–101. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x

León-Burgos, A. F., Unigarro, C. A., & Balaguera-López, H. E. 2022. Soil Waterlogging Conditions Affect Growth, Water Status, and Chlorophyll “a” Fluorescence in Coffee Plants (Coffea arabica L.). *Agronomy*, 12(6), 1270. https://doi.org/10.3390/agronomy12061270

Olmo-Vega, A., García-Sánchez, F., Simón-Grao, S., Simón, I., Lidón, V., Nieves, M. & Martínez-Nicolás, J. J. 2017. Physiological responses of three pomegranate cultivars under flooded conditions. *Scientia Horticulturae*. 224: 171–179. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.013.

Sasidharan, R., Bailey-Serres, J., Ashikari, M., Atwell, J., Colmer, D., Fagerstedt, K., Fukao, T. *et al.* 2017. Community recommendations on terminology and procedures used in flooding and low oxygen stress research. *New Phytologist*. 214(4): 1403–1407. https://doi.org/10.1111/nph.14519

AGROINDUSTRIA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

ESTUDIO DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE *Chenopodium berlandieri* PARA SU APROVECHAMIENTO INTEGRAL

Nallely Rosalba Román-Cortés[1*] y Teresita de Jesús Ariza-Ortega[1]

[1]Universidad Politécnica del Valle de México, División de Ingeniería en Nanotecnología Av. Mexiquense s/n esq. Av. Universidad Politécnica, Villa Esmeralda, Tultitlán, 54910, Estado de México.
* Autor para correspondencia: nallely.roman@upvm.edu.mx

Palabras clave: *Huauzontle, Metabolito secundario, Extracto, DPPH, ABTS.*

Introducción

El género *Chenopodium* se encuentra distribuido ampliamente en Norteamérica y Mesoamérica, siendo las especies principales la quinua (*C. quinua* Willd.) originaria de los Andes y el huauzontle (*C. berlandieri*) en el centro de México comprendiendo los estados de Tlaxcala, Edo. de México, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Oaxaca y el sur del Distrito Federal. Se trata de una inflorescencia racimosa y con flores pequeñas, presentando coloraciones verdes, amarillas, rojizas o rosas (De la Cruz *et al.*, 2010). El fruto es un aquenio indehiscente entre 1.7 y 2.0 mm de diámetro, pericarpio papiloso cuando está húmedo y alveolado cuando está seco, con coloraciones amarillo pálido, anaranjado, rosa, castaño obscuro o rojizo (Xingú, 2010). El huauzontle posee un alto valor nutritivo en comparación con algunos cereales (maíz y trigo), presenta altos niveles de aminoácidos como la lisina y es rico en ácidos grasos insaturados (12.28% de ácido linolénico u Omega 3, 52.82% de ácido linoleico u Omega 6 y 23.79% de ácido oleico u Omega 9), no obstante, aún no se encuentran estudios detallados respecto a sus propiedades antioxidantes (De la Cruz *et al.*, 2010).

Además, se reportan diversos beneficios derivados del consumo de huauzontle como: actividad antioxidante debido a que contiene flavonoides y compuestos que previenen el envejecimiento prematuro y reducen el riesgo de enfermedades crónicas y cardiovasculares; actividad antiinflamatoria, alto contenido de proteína de origen vegetal que lo convierte en una opción valiosa para dietas vegetarianas o veganas; alto contenido de fibra que favorece la salud digestiva y ayuda a mantener niveles adecuados de colesterol y glucosa en sangre; aporta vitaminas y minerales que fortaleciendo el sistema inmunológico y además la vitamina A y los carotenoides presentes en el huauzontle ayudan a prevenir enfermedades degenerativas de los ojos como las cataratas.

Es por lo que, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar el potencial antioxidante de extractos de hojas de huauzontle como una estrategia para el aprovechamiento integral de esta especie.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se seleccionaron algunas muestras vegetales para medir su largo, ancho y grosor por medio de un calibrador Vernier y una cinta métrica; también se pesaron en una balanza analítica para registrar la masa en fresco. El material vegetal fresco se sometió a un proceso de secado a temperatura ambiente durante 15 a 20 d. Una vez seco, se realizó la reducción de tamaño de partícula con un mortero de porcelana y se tamizó el material vegetal seco con la finalidad de obtener partículas menores de 0.1 mm.

Obtención de extractos. La extracción de metabolitos secundarios se llevó a cabo mediante la maceración de 1 g de muestra seca con 20 mL de disolvente (*n*-hexano, etanol o metanol). Las muestras se mantuvieron en agitación durante 48 h a 120 rpm en un agitador orbital. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 2000 rpm durante 5 min, para conservar el sobrenadante.

Evaluación de actividad antioxidante. El potencial antioxidante de los extractos hexánicos, metanólicos y etanólicos de *Chenopodium berlandieri* fue evaluado por el método DPPH en el cual se siguió la metodología descrita por Alam *et al.*, 2013; la cual consiste en tomar lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 517 nm después de 30 min de iniciada la reacción. Para el presente trabajo se prepararon diferentes diluciones.

Un segundo método de prueba aplicado fue con el radical libre ABTS siguiendo la metodología reportada por Ré *et al.*, 1999; la cual consiste en tomar lecturas de absorbancia a 734 nm de la reacción química del radical libre ABTS al entrar en contacto con las muestras problema después de 1 y 7 min. En ambas técnicas, los resultados fueron analizados contra curvas estándar de TROLOX y Ácido Ascórbico; y se determinó la IC_{50}.

Análisis estadístico. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) en el paquete estadístico SAS System 9.0. Los gráficos fueron realizados con el paquete GraphPad Prism 4.0.

Resultados y discusión

Derivado de la caracterización morfológica y el proceso de secado de la muestra, se obtuvieron los resultados presentados en el Cuadro 1. En este se observa que las muestras de huauzontle presentaron tamaños de largo y ancho variables, aunque en el grosor y peso hay una variación menor. Además, se determinó que el porcentaje de rendimiento posterior al secado, molienda y tamizado de las muestras fue alrededor del 29%, que es un valor promedio, cuando se compara con otras especies vegetales como *Chamaedorea tepejilote*, *Lippia alba* y *Citrus latifolia*.

Cuadro 1. Resultados promedio de la caracterización morfológica de hojas de *C. berlandieri*.

Largo mm	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Peso (g)	Rendimiento (%)
49.66 ± 12.43	28.42 ± 7.71	0.40 ± 0.07	0.1672 ± 0.0558	29.25 ± 5.06

Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar, n = 10.

La especie vegetal *C. berlandieri* presentó porcentajes de inhibición del radical DPPH dependientes del disolvente utilizado para su extracción, resultando en poca o nula actividad los extractos hexánicos y etanólicos (Figura 1). En el caso de los extractos metanólicos el potencial antioxidante oscila entre el 80 y 92% en concentraciones desde 12.5 hasta 50 mg/mL. Se determinó que para muestras de *C. berlandieri* extraídas con metanol el IC_{50} fue de 5 mg/mL.

Chaires-Martinez *et al.,* (2013) analizaron propiedades antioxidantes de esta especie en muestras bajo diferentes tratamientos térmicos y obtuvieron datos alrededor del 10% demostrando que el calor afecta de manera significativa sobre el potencial antioxidante. Esto permite reconocer que los extractos en frío son una forma viable de obtener compuestos antioxidantes aprovechables a partir de las hojas de huauzontle.

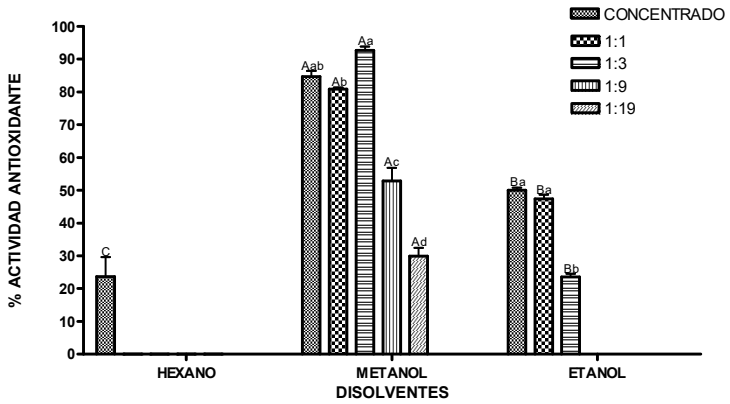


Figura 1. Resultados de la evaluación del potencial antioxidante con el radical libre DPPH en *Chenopodium berlandieri*.

$^{A, B, C}$ Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

$^{a, b, c}$ Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Po otro lado, la cuantificación del potencial antioxidante de los extractos de *C. berlandieri* con ABTS, resultó en una actividad importante, independientemente del disolvente utilizado para la extracción, siendo menor en los extractos etanólicos y hexánicos. En los extractos metanólicos se registraron porcentajes de inhibición del radical libre ABTS desde 70 hasta 99% analizando concentraciones de 5 a 50 mg mL^{-1}. Se determinó que para muestras de *C. berlandieri* extraídas con metanol el IC_{50} fue de 3.7 mg mL^{-1}.

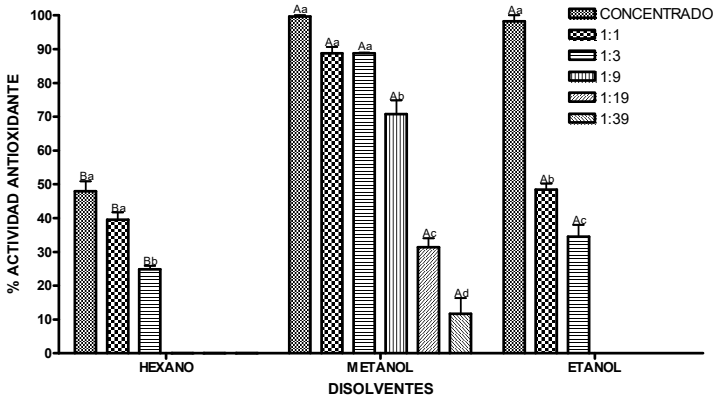


Figura 2. Resultados de la evaluación del potencial antioxidante con el radical libre ABTS en *Chenopodium berlandieri*.

[A, B, C] Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

[a, b, c] Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Al comparar las metodologías, se observa que los resultados más altos son los obtenidos por el segundo. La utilización del radical libre ABTS es considerada mejor que la del DPPH para la cuantificación de la actividad antioxidante de extractos vegetales porque ofrece mayor sensibilidad a los compuestos presentes en las muestras ya que permite evaluar antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos. A diferencia del radical libre DPPH, que solo es soluble en solventes orgánicos y se limita a compuestos lipofílicos. Además, el ensayo ABTS es más rápido, presenta una mayor estabilidad del radical y puede ser medido en un rango más amplio de longitudes de onda, lo que lo hace más adecuado para muestras complejas y diversas.

Conclusiones

Los extractos metanólicos, etanólicos e incluso hexánicos de las hojas de *C. berlandieri,* presentaron potencial actividad antioxidante, principalmente cuando se analizaron las muestras metanólicas llegando a ser superior al 90% en muestras concentradas (50 mg/mL). Dado que en el huauzontle la parte comestible son las flores, son pocos los precedentes sobre la explotación de las hojas, es por lo que en el presente trabajo se demostró que es posible el uso integral de esta especie vegetal, generando beneficios en el sector salud, en el ámbito económico, y aplicando el principio de desarrollo sustentable mediante el aprovechamiento de las partes no comestibles.

Referencias bibliográficas

Alam, M. N., Bristi, N. J., & Rafiquzzaman, M. (2013). Review on *in vivo* and *in vitro* methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 143-152.

Chaires-Martinez, L., Vargas, M. P., del Angel, A. C., Bermudez, F. C., & Avalos, H. J. (2013). Total phenolic content and antioxidant capacity of germinated, popped, and cooked huauzontle (*Chenopodium berlandieri spp. nuttalliae*) seeds. *Cereal Chemistry*, *90*(3), 263-268.

De la Cruz, T., Xingú, L. A., García, A. J., Germán, V. I., & Germán, V. G. (2010). Aplicación de técnicas moleculares en el estudio del huauzontle, cultivo prehispánico alternativo para zonas agrícolas. *Contacto Nuclear*, 16- 21.

Ré, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 1231-1237.

Xingú, L. A. (2010). Caracterización del germoplasma de Huauzontle (*Chenopodium berlandieri subsp. nuttalliae*) en el Estado de México mediante técnicas moleculares (SSR). Tesis de grado. UNAM. México.

EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE EL CONTENIDO NUTRACEÚTICO, BROMATOLÓGICO Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE EN *Chenopodium berlandieri*

Nallely Rosalba Román-Cortés[1*] y Teresita de Jesús Ariza-Ortega[1]

[1]Universidad Politécnica del Valle de México, División de Ingeniería en Nanotecnología. Av. Mexiquense s/n esq. Av. Universidad Politécnica, Villa Esmeralda, Tultitlán, 54910, Estado de México.
* Autor para correspondencia: nallely.roman@upvm.edu.mx

Palabras clave: *Huauzontle, Cocción, Nutricio, Antioxidante, Polifenoles.*

Introducción

La palabra huauzontle proviene del náhuatl “huauzontli” (*huautli*-bledo-, *tzontli* -cabello) que significa bledo de cabello, buena vida o vida fuerte; entre la población rural le llaman huauhzontle, huanzontle, guausoncle o quelite manteca; esta planta es comestible y es considerada un pseudocereal originario de México y se distribuye por todo el continente americano (García *et al*., 2022). El huauzontle es un cultivo anual que se soporta condiciones ecológicas estresantes; se puede encontrar en áreas áridas y semiáridas. Tiene raíz pivotante con tallo único, sus hojas poseen bordes dentados, las semillas presentan color de la gama de naranja a rojo y sus inflorescencias son de color verde y se consumen en estado maduro (Hernández-Andrade *et al*., 2025). Los estados con la mayor producción de la hortaliza son Guerrero, Morelos, Puebla y Tlaxcala reportándose una producción de 7,794 t al año con un valor de la producción de 31,329.24 miles de pesos (SIAP, 2025). El huauzontle es un cultivo de vital importancia cultural en algunas regiones del país, ya que, junto con el maíz, el frijol, el amaranto y la chía, constituían uno de los principales cultivos usados como alimento desde la época prehispánica (Santiago-López *et al*., 2022). Por lo regular se consumen las hojas, flores y semillas en diversos guisos (asadas, fritas, hervidas o crudas) que aportan a la dieta vitamina A, calcio, fibra, ácidos grasos, minerales y compuestos fenólicos (Hernández-Andrade *et al*., 2025), que favorecen la actividad biológica como antioxidante y antiinflamatoria. En la medicina tradicional, se emplea como laxante y es una fuente de compuestos bioactivos que ayudan a contrarrestar diversas enfermedades. En este sentido, es necesario ampliar las investigaciones sobre la calidad nutricional y nutracéutica de los alimentos ancestrales de México. Esto contribuirá tanto a la conservación de la identidad cultural del país y les dará un valor agregado a los cultivos rurales, como el huauzontle. Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto térmico en el contenido nutricio y nutracéutico del huauzontle.

Materiales y métodos

El material vegetal fresco y libre de daños se obtuvo de la Central de Abasto de Ecatepec, Estado de México. Una parte del material vegetal obtenido se sometió a tratamiento térmico en agua en ebullición durante 5 min; posteriormente se colocó en agua con hielo y se reservó para los análisis correspondientes. Se analizaron los porcentajes de humedad, lípidos, fibra cruda y cenizas de cada muestra mediante los métodos correspondientes descritos por la AOAC (1998).

Para el contenido nutraceútico, se preparó el extracto crudo con MeOH acuoso al 80% (v/v), la mezcla se homogenizó mediante agitación en un vórtex; posteriormente, se colocaron en un sonicador por 15 min a temperatura ambiente, se dejó reposar durante 24 h y se centrifugó por 10 min a 1409 *x g*. Se determinó el contenido de antocianinas, flavonoides, fenoles totales y taninos condensados empleando métodos espectrofotométricos; y la actividad antioxidante por los métodos colorimétricos de los radicales ABTS, DMPD y DPPH.

El análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) fueron realizados mediante el programa Statistical Analysis System (Versión 9.0 para Windows).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del contenido proximal en la especie vegetal huauzontle sin/con tratamiento térmico. Los resultados muestran diferencias significativas en todas las variables analizadas; excepto en el contenido de proteína cruda. Estos resultados demuestran que el tratamiento térmico tiene un efecto significativo sobre la composición del huauzontle previo y post tratamiento térmico.

Cuadro 1. Análisis bromatológico del huauzontle sin y con tratamiento térmico.

Tratamiento	Sin calor	T = ebullición t = 5 min
Humedad	3.8 ± 0.02a	2.7 ± 0.08b
Cenizas	17.3 ± 0.3a	10.3 ± 0.4b
Proteína cruda	23.1 ± 0.21a	22.9 ± 0.4a
Fibra Cruda	16.9 ± 0.21a	13.1 ± 0.5b
Carbohidratos	56.8 ± 0.12a	62.8 ± 0.6b
Lípidos	2.8 ± 0.04b	3.3 ± 0.1a
Ácidos grasos	13.6 ± 0.17a	10.5 ± 0.4b

Medias con la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar, n = 3.

Los carbohidratos en las hortalizas, a diferencia de los frutos, se encuentran en menor porcentaje (3-20%); a excepción de las raíces y los tubérculos con una concentración mayor (30%); sin embargo, en las primeras a pesar de los tratamientos térmicos aún se conservan estos compuestos. Algunos estudios reportan que la cocción mediante ebullición de algunos vegetales induce la pérdida de nutrientes y compuestos bioactivos debido a que específicamente son inestables al calor. Se considera que las verduras cocidas tienen un efecto menor en la prevención de enfermedades que aquellas que se consumen crudas.

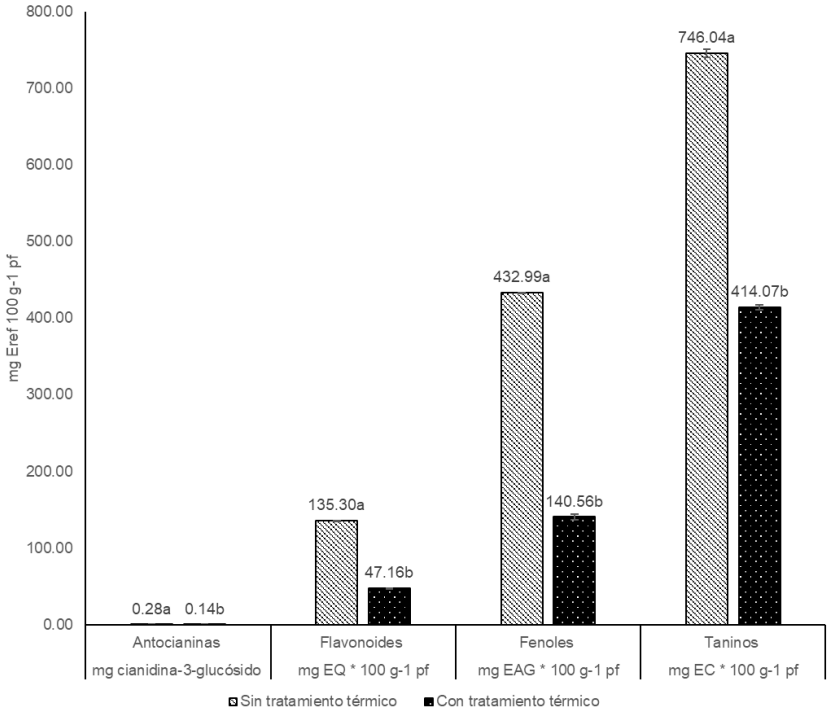


Figura 1. Componentes antioxidantes en la especie vegetales huauzontle antes y después de proceso de cocción (95°C, 5 min). Medias con la misma letra dentro de cada compuesto, no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

Los resultados indican diferencias significativas en todos los metabolitos analizados (Figura 1); es decir, el tratamiento térmico disminuye el contenido de nutraceúticos en esta hortaliza. Algunos estudios sugieren que los procesos térmicos como la cocción por ebullición, horneado y fritura, reducen el contenido de fenoles y otros metabolitos en hortalizas. Asimismo, el contenido de fenoles totales la actividad antioxidante y porcentaje de inhibición se vieron afectado por el tratamiento térmico en los tres métodos analizados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Determinación de la actividad antioxidante y porcentaje de inhibición en muestras de huauzontle antes y después del proceso de cocción (95°C, 5 min).

Tratamiento	ABTS (7 min)		DMPD (10 min)		DPPH (30 min)	
	Actividad antioxidante (mg ET 100 g^{-1} p.f.)	% de inhibición	Actividad antioxidante (mg EAG 100 g^{-1} p.f.)	% de inhibición	Actividad antioxidante (mg EQ 100 g^{-1} p.f.)	% de inhibición
Sin tratamiento	487.2 ± 1. 2a	83.3 ± 0.07a	216.0 ± 0. 9a	79.06 ± 0. 3a	125.01 ± 0. 3a	79.9 ± 0. 9a
Con tratamiento térmico	321.49± 0.55b	51.19 ± 0.94b	116.46 ± 2.6b	48.39 ± 0.9b	60.62 ± 0.1b	40.79 ± 0.04b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar, n = 3.

No existen trabajos que revisen el potencial antioxidante en especies vegetales frescas y cocidas; debido a este se revela la importancia de contribuir con trabajos e investigaciones que se dediquen a explorar el contenido nutricio y nutraceútico en especies vegetales de consumo entre la población.

Conclusiones

El tratamiento térmico afecto el contenido nutracéutico de los huazontles a excepción del contenido de proteína, por lo que aún puede considerarse un alimento funcional y de fácil acceso para los consumidores.

Referencias bibliográficas

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1998. Official Methods of Analysis, 16th ed. Williams, S. (ed.). Published by the Association of Official Analytical Chemist USA. 771 p.

García, H. S., Santiago-López, L., González-Córdova, A. F., Vallejo-Cordoba, B., & Hernández-Mendoza, A. 2022. Evaluation of a pseudocereal suitability to prepare a functional fermented beverage with epiphytic lactic acid bacteria of Huauzontle (*Chenopodium berlandieri* spp. *nuttalliae*). *LWT*, *155*, 112913.

Hernández-Andrade, E. E., Gómez-Merino, F. C., Ordaz-Chaparro, V. M., Peralta-Sánchez, M. G., & Téllez, L. I. T. 2025. Sodium Chloride in the Germination and Initial Growth of Three Huauzontle *(Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*) Cultivars. Agro Productividad.

Santiago-López, L., Almada-Corral, A., García, H. S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A. F., Vallejo-Cordoba, B., & Hernández-Mendoza, A. 2022. Antidepressant and anxiolytic effects of fermented huauzontle, a Prehispanic Mexican pseudocereal. *Foods*, *12*(1), 53.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. 2025. Consultado el 06/06/2025. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

DESHIDRATADOR SOLAR DE BAJO COSTO PARA MANGO (*Mangifera indica* L.) EN VERACRUZ

Juan Manuel Carrión-Delgado[1, 2] y Ofelia Andrea Valdés-Rodríguez[2]*

[1]Tecnológico Nacional de México Campus Xalapa. Sección 5A Reserva Territorial S/N, Santa Bárbara, Col. Santa Bárbara, Xalapa, Veracruz (C.P. 91096).
[2]El Colegio de Veracruz. Carrillo Puerto 26, Zona Centro, Xalapa, Veracruz. (C.P. 91000).
*Autor para correspondencia: ovaldesr@colver.edu.mx

Palabras clave: *Energía renovable, Secado indirecto, Sostenibilidad, productores, Pérdidas postcosecha.*

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es un cultivo estratégico en Veracruz, con 104,888 toneladas producidas en 2023, pero las pérdidas postcosecha alcanzan el 30% debido a limitaciones tecnológicas y de mercado (SIAP, 2025; Ramírez-Martínez *et al.,* 2019). La deshidratación solar, viable en regiones con alta radiación solar (5.2 kWh/m²/día), preserva la calidad nutricional del mango, siendo una alternativa sostenible para pequeños productores (Fonseca Salcedo *et al.,* 2015). Los deshidratadores de convección natural son económicos, pero su eficiencia depende de un diseño que optimice el flujo de calor (Cabrera Escobar *et al.,* 2019).
Los objetivos de este estudio fueron: (1) diseñar y construir un deshidratador solar de convección natural de bajo costo, (2) evaluar su eficiencia térmica y de deshidratación para mango en Xalapa, Veracruz, y (3) determinar la calidad bromatológica y organoléptica del producto deshidratado.

Materiales y métodos

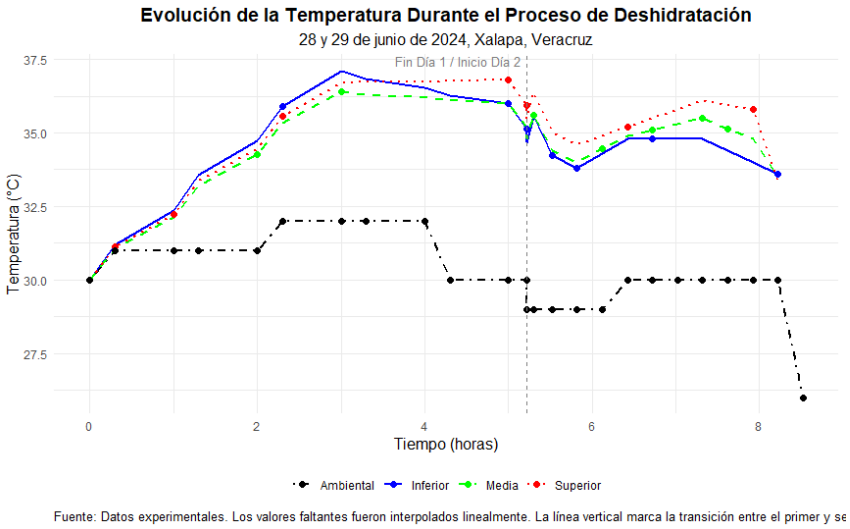
El estudio se realizó de febrero a junio de 2024 en el Tecnológico Nacional de México, Campus Xalapa (19°30'10"N, 96°52'51"W), con un diseño experimental exploratorio, usando un prototipo único con mediciones repetidas de temperatura y humedad (Costello & Osborne, 2005).
El deshidratador, con capacidad para 2 kg de mango fresco, incluyó un colector solar plano de 1.2 m² inclinado a 12°, diseñado con SolidWorks® 2022. Se construyeron con materiales reciclados (estructura de PTR calibre 14, lámina galvanizada calibre 30, malla criba calibre 20). La simulación mostró un flujo de aire de 2–3 m/s y temperaturas de 26–33 °C en la cámara de secado.
Se procesaron 2 kg de mango manila en rodajas de 5 mm (humedad inicial: 85.24%, método gravimétrico, AOAC, 202 0). El experimento, realizado el 28–29 de junio de 2024, acumuló 11 horas y 22 minutos (5.22 h el primer día, 10:20–16:12; 6 h el segundo, 10:45–16:15). Se midieron temperaturas internas (inferior, media, superior) con sensores thermoMETER (±0.1 °C) y temperatura ambiental cada 30 minutos. La humedad final y el análisis bromatológico (100 g) se realizaron en la Universidad Veracruzana. La eficiencia se calculó como:

$$H(\%) = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$$

Donde: H es el porcentaje de humedad; Pi el peso inicial; y Pf el peso final. Los datos se analizaron con estadísticas descriptivas (media, rango, desviación estándar) en RStudio (versión 4.5, paquetes ggplot2, tidyr, zoo). Los valores faltantes se interpolaron linealmente (na. approx).

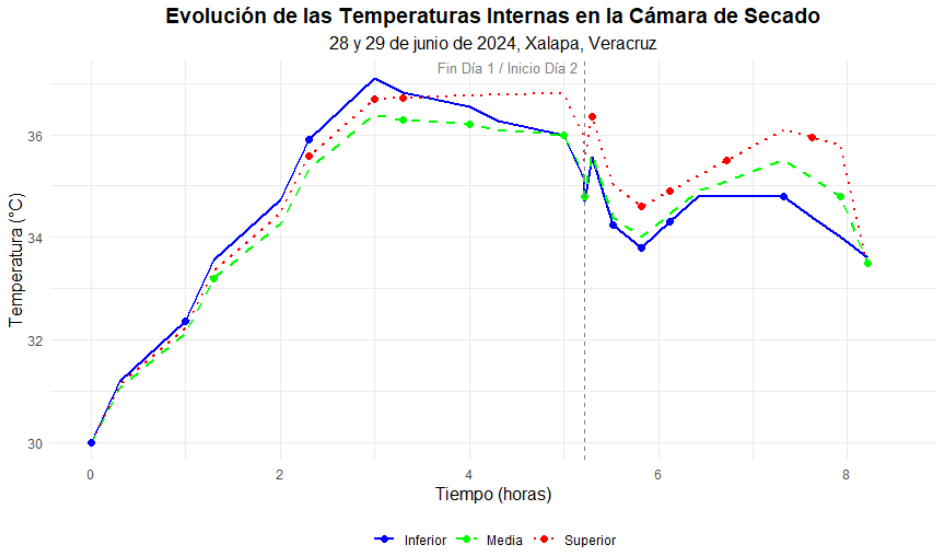
Resultados y discusión

El deshidratador mantuvo una temperatura interna promedio de 35.0 °C ± 1.2 °C (rango: 30.0–36.8 °C), superando la temperatura ambiental (26.0–32.0 °C, promedio 29.8 °C) (Figura 1). Las temperaturas internas alcanzaron un máximo de 36.4–37.1 °C a las 3.00 h (13:20, 28 de junio) y se estabilizaron en 36.0–36.8 °C a las 5.00 h (15:20). En el segundo día, disminuyeron a 33.4–33.6 °C a las 8.22 h (15:45, 29 de junio), reflejando menor radiación solar (Figura 2).



Fuente: Datos experimentales. Los valores faltantes fueron interpolados linealmente. La línea vertical marca la transición entre el primer y se

Figura 1. Temperaturas internas y ambiental durante la deshidratación (28–29 de junio de 2024). La línea vertical en 5.22 h marca la transición entre días.



Fuente: Datos experimentales. Los valores faltantes fueron interpolados linealmente. La línea vertical marca la transición entre el primer y seg

Figura 2. Temperaturas internas en la cámara de secado (28–29 de junio de 2024). La línea vertical en 5.22 h marca la transición entre días.

El proceso redujo el peso de 2 kg a 0.190 kg (Cuadro 1), logrando una humedad final del 16.10% y una eficiencia de 83.90% en 11 horas y 22 minutos, comparable con Fonseca Salcedo *et al.* (2015). El análisis bromatológico mostró 10% de humedad, 3% de cenizas, 4% de fibra cruda, 4% de proteínas, 1% de grasas, 79% de carbohidratos, y 340 kcal/100 g, similar a García González (2005) (Cuadro 2). El producto presentó color amarillo marrón y textura crocante.

Cuadro 1. Contenido de humedad del mango deshidratado.

Producto fresco (kg)	Producto deshidratado (kg)	Humedad final (%)	Pérdida de humedad (%)
2.000	0.190	16.10	83.90

Nota: Fuente: Datos experimentales, 28–29 de junio de 2024.

Cuadro 2. Análisis bromatológico (100 g de mango deshidratado).

Determinación	Resultado	Unidades
Humedad	10.0	%
Cenizas	3.0	%
Fibra cruda	4.0	%
Proteínas	4.0	%
Grasas	1.0	%
Carbohidrato	79.0	%
Energía	340.0	kcal/100g

Fuente: Análisis de laboratorio, Universidad Veracruzana, 2024.

Variaciones térmicas de 2–3°C entre posiciones internas (Figura 2) sugieren la necesidad de deflectores, como indicaron Cabrera Escobar *et al.* (2019). La dependencia solar limita el uso en días nublados, pero concentrar el secado en horas de alta insolación (10:00–15:00) optimizaría el tiempo. Esta tecnología reduce pérdidas postcosecha (30.32%, SIAP, 2025), siendo accesible para pequeños productores.

Conclusiones

El deshidratador logró una eficiencia de 83.9%, reduciendo la humedad del mango a 16.1% en 11 horas y 22 minutos. El producto presentó calidad bromatológica y organoléptica adecuada. Las variaciones térmicas requieren optimizar el diseño con deflectores. Esta tecnología es viable para pequeños productores en Veracruz, disminuyendo pérdidas postcosecha. Se recomienda probar otras frutas tropicales.

Referencias bibliográficas

Escobar, J. C., Escobar, R. C., Lozada, D. G., Carrazco, D. C., & Oña, G. C. 2019. Metodología de Diseño de un Deshidratador Solar Indirecto de Frutos por Convección Forzada. *European Scientific Journal*.

Fonseca Salcedo, F. J., *et al*. 2015. Manual práctico para la deshidratación de frutas y hortalizas. ATC Agro. http://atcagro.org/wp-content/uploads/MANUAL_DESHIDRATACIO%CC%81N_LQ.pdf

García González, J. F. 2005. Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango *(Mangifera indica).* Escuela Agrícola Panamericana. https://buscador.una.edu.ni/Record/ZAMORANO1071/Similar

Ramírez-Martínez, A., *et al*. 2019. Análisis de pérdidas y desperdicios de alimentos producidos en el estado de Veracruz. En Seguridad Alimentaria y Pérdidas de Alimentos en México (pp. 141–170).

SIAP (2025). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México.

Agradecimientos

Agradecemos al CONAHCYT, El Colegio de Veracruz, los productores locales, y a los ingenieros Eduardo Grajales Grajales y Roberto Aguilar Palmeros.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE FRUTAS DE TEMPORADA EN CUICHAPA, VERACRUZ: UN ENFOQUE SOSTENIBLE

Alejandro Llaguno-Aguiñaga[1], Martha Salazar-Florentino[1], Hilario García-Martínez[1], Nancy Ruth Laloth-Solís[1], Rubén Purroy-Vasquez[1]* y Gregorio Hernández-Salinas[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetlitlanapa, Zongolica, Ver. CP. 95005
*Autor para correspondencia: ruben_purroy_69@zongolica.tecnm.mx

Palabras clave: *Agroecosistemas familiares, Transformación de alimentos, Capacitación rural*

Introducción

Las frutas de temporada son estratégicas para economías rurales por su valor nutricional y potencial de transformación. En México, Veracruz aporta el 55% de la producción frutal nacional, y en Cuichapa, el clima cálido-húmedo favorece el desarrollo de especies frutales como el mango y cítricos. Este estudio evaluó el aprovechamiento de las frutas de temporada para diseñar estrategias sostenibles que fortalezcan la seguridad alimentaria e ingresos locales.

Materiales y métodos

El tipo de investigación utilizado fue mixta con enfoque no probabilístico, mediante el método de la IAP y un análisis descriptivo, el tamaño muestral fue de 103 participantes seleccionados por "bola de nieve") distribuidos en Cabecera Municipal (n=32, zona alta), Ejido La Laja (n=15, zona media) y Toluquilla Buena Vista (n=20, zona baja). Se utilizaron instrumentos como la encuesta semiestructurada (validada por expertos) cuyos parámetros a analizar fueron Registro de especies, rendimientos y prácticas culturales; observación participante; y talleres participativos comunitarios. Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva (frecuencias/porcentajes) con IBM SPSS v.25 y la triangulación de datos. El presente estudio se desarrolló en tres localidades del municipio de Cuichapa, Veracruz, representando diferentes altitudes y condiciones agroecológicas: la cabecera municipal (zona alta), Ejido La Laja (zona media) y Toluquilla Buena Vista (zona baja). En total, se encuestó a 103 personas, cuya distribución demográfica se presenta en la Cuadro 1.

Resultados y discusión

La mayoría de los encuestados (Cuadro 1) (39.8%) se encuentra en el rango de edad de 37 a 56 años, lo cual indica una población predominantemente en edad productiva. Asimismo, se observa una distribución equitativa entre hombres (51.45%) y mujeres (48.55%), lo que refuerza el potencial para un enfoque participativo e inclusivo en el desarrollo de estrategias productivas. La ocupación principal es la agricultura (52.42%), seguida por labores del hogar (36.89%), lo que sugiere una estructura de roles tradicionales con fuerte dependencia del sector primario.

Cuadro 1. Características generales de la población de Cuichapa, Veracruz.

Pregunta	Rango	Frecuencia	%
Edad	17-38	32	31.06
	37-58	41	39.8
	57-78	26	25.25
	77-96	4	3.89
	Total	103	100
Genero	Hombre	53	51.45
	Mujer	50	48.55
	Total	103	100
Residencia actual	Cabecera municipal	32	31.06
	Ejido La Laja	15	14.56
	Toluquilla buena Vista	20	19.45
	Loma del Carmen	8	7.76

Pregunta	Rango	Frecuencia	%
	Dos Caminos	8	7.76
	San Nicolás	9	8.74
	Providencia	11	10.67
	Total	103	100
	Sin estudios	28	27.18
	Primaria	37	35.93
	Secundaria	21	20.38
Escolaridad	Preparatoria	10	9.7
	Técnico	3	2.93
	Licenciatura	4	3.88
	Total	103	100
	Labores del hogar	38	38.89
	Agricultor	54	52.42
	Profesionista	3	2.92
Ocupación	Oficios	2	1.96
	Comerciante	4	3.88
	Estudiante	2	1.94
	Total	103	100

Diversidad productiva y sistemas de cultivo. El estudio reveló que el 93% de los productores en Cuichapa, Veracruz, cultivan frutas de temporada, principalmente en sistemas diversificados que combinan el traspatio y parcelas. La Cuadro 2 muestra la distribución por localidad de las principales especies frutales:

Cuadro 2. Principales especies frutales por localidad (número de árboles).

Especie	Cabecera Municipal de Cuichapa	Ejido “La Laja”	Toluquilla Buena Vista
Naranja	875	600	35
Limón persa	750	6	15
Guanábana	560	256	7
Carambolo	8	14	83

Esta diversidad productiva, documentada previamente por Santiago Martínez (2022), constituye un pilar fundamental para la seguridad alimentaria local, destacando la especialización por zonas según condiciones agroecológicas.

Principales desafíos productivos. Las principales problemáticas encontrados se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 3. Problemáticas reportadas por los productores de Cuichapa, Ver.

Problemática	Frecuencia	%
Plagas	28	27.2
Sequías	27	26.2
Limitaciones económicas	22	21.4
Falta de mano de obra	15	14.6

Estos resultados concuerdan con Porcuna Coto (2017), quien identifica estos factores como los mayores riesgos para la fruticultura tropical, generando pérdidas de hasta el 30% en rendimientos durante los periodos críticos.

Estrategias de aprovechamiento y valor agregado

Se identificaron tres patrones principales en el uso de la producción: autoconsumo (44.7%), venta directa (30.9%), y uso combinado (25.2%). Además, el 72.8% mostró interés en desarrollar procesos de capacitación en temas de transformación y valor agregado, destacando la elaboración de mermeladas (40% de preferencia), actividad que según Bautista-Cruz (2023) puede incrementar el valor económico hasta un 65%.

La participación de los productores en programas gubernamentales es del 86.4%, cuyos beneficios son: el incremento del 30% en densidad arbórea (Programa Sembrando Vida), y capacitación del 53.4% en técnicas de cultivo. Estos resultados validan el modelo de Martínez Herrera *et al.* (2024), demostrando que la combinación de un manejo agroecológico integrado, la capacitación técnica y el acceso a mercados locales, son estrategias

efectivas para la sostenibilidad frutícola en la región, especialmente cuando incorpora los saberes tradicionales de las comunidades.

Conclusión

La diversidad frutal encontrada en el traspatio y parcelas, junto con el interés comunitario en la transformación de productos con valor agregado, evidencia una base sólida para el desarrollo de iniciativas sostenibles de autoconsumo y comercialización local. La participación en programas institucionales como Sembrando Vida y Escuelas de Campo para Agricultores (ECAS) ha contribuido a fortalecer la organización comunitaria y la capacitación técnica, en particular entre mujeres rurales. Asimismo, los desafíos identificados como: las plagas, las sequías y las limitaciones económicas, requieren de un enfoque integral que combine asistencia técnica, acceso a insumos y fortalecimiento de redes de colaboración local. En este contexto, se concluye que el diseño de políticas públicas y estrategias comunitarias que promuevan la transformación artesanal de frutas, la educación agroalimentaria y el acceso a mercados locales, puede impulsar significativamente el bienestar social, económico y ecológico de estas comunidades.

Referencias bibliográficas

Santiago Martínez, C. 2022. Fruticultura de traspatio en el norte de Veracruz. Agroecol*. Desarrollo Rural*, 14(3), 33–49.

Porcuna Coto, A. 2017. Desafíos para la fruticultura en zonas tropicales. Universidad Veracruzana.

Acuario Armas, A. (2019. Autosuficiencia alimentaria en zonas rurales. Universidad Autónoma Chapingo

Martínez Herrera, J. *et al*. 2024. Participación en programas rurales. *Revista Desarrollo Territorial*, 18(1), 20–38.

Bautista-Cruz, A. 2023. Procesamiento de frutas.*Rev. Agroecol. Rural*, 15(2), 45–58.

EFECTO DE EXTRACTOS VEGETALES ACUOSOS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA Y PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS DE *Citrus latifolia* Tan

Angela Callejas-Utrera[1], Gerardo Alvarado-Castillo[1], Jacel Adame-García[2], José Antonio Fernández-Viveros[2*] y Vianey del Rocío Torres-Pelayo[3]

[1]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas, Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Ver., México.
[2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. El Paraíso S/N, Campestre, 91667 Úrsulo Galván, Ver. México.
[3]Universidad Veracruzana, Facultad de Biología. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán S/N, Zona Universitaria, 91090 Xalapa-Enríquez, Ver., México.
*Autor para correspondencia: jose.antonio.itug@gmail.com

Palabras clave: *Vida de anaquel, Preservación, Calidad*.

Introducción

La caracterización bromatológica es fundamental para evaluar la calidad de las frutas sometidas a distintos métodos de conservación postcosecha. La búsqueda de tecnologías o productos que prolonguen la vida útil de los productos agrícolas responde a la creciente preocupación del incremento en las pérdidas y desperdicios que ocurren tras la cosecha. En México, la producción anual de lima persa ácida (*Citrus latifolia* Tan), mejor conocido como limón persa alcanza 1.7 millones de toneladas. De este volumen, entre 600,000 y 640,000 toneladas se destinan a la exportación, siendo Estados Unidos el principal mercado al concentrar cerca del 90% de las ventas internacionales. Sin embargo, a pesar de la importancia económica de este cultivo, se estima que entre 25 y 30% de la fruta destinada para consumo nacional se pierde durante el proceso de comercialización (SIAP, 2023). Diversos métodos han sido empleados para la conservación postcosecha, como la refrigeración, la aplicación de rayos UV y el uso de atmósferas controladas. No obstante, el alto costo de instalación y el consumo energético de estas tecnologías limitan su viabilidad para pequeños y medianos productores y comercializadores. En este contexto, los extractos vegetales representan una alternativa viable por su bajo costo, facilidad de aplicación, compatibilidad ambiental y compuestos bioactivos, con propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Por lo anterior el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de extractos vegetales en la conservación postcosecha y parámetros bromatológicos del limón persa.

Materiales y métodos

Los frutos de *Citrus latifolia* se recolectaron en huertos ubicados a 2.3 km del poblado El Zapotito, municipio de Úrsulo Galván, Veracruz. Se seleccionaron limones con un mismo nivel de maduración, tamaño y color, retirando hojas y tallos. El traslado al laboratorio de Microbiología y Biotecnología del Tecnológico de Úrsulo Galván se realizó en taras plásticas de 10 kg, con el fin de preservar la calidad del fruto. El experimento consistió en siete tratamientos: extractos vegetales de *Azadirachta indica* (Ai), *Piper auritum* (Pa) y *Kalanchoe daigremontiana* (Kd) y sus combinaciones: *A. indica* + *P. auritum* (AP), *A. indica* + *K. daigremontiana* (AK), *P. auritum* + *K. daigremontiana* (PK) y la mezcla de los tres extractos (APK), además de un blanco (sorbato de potasio) y un testigo. Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento y 25 unidades por repetición, totalizando 1,125 unidades experimentales. Los extractos acuosos se prepararon utilizando 250 g de material vegetal fresco por cada 500 mL de agua destilada, siguiendo el procedimiento 936.15 de la AOAC (1990). Para su aplicación, se diluyeron 10 mL del extracto en 990 mL de agua destilada. Las combinaciones entre extractos se realizaron en proporción 1:1. La aplicación de los tratamientos se efectuó por aspersión, utilizando atomizadores de botella de vidrio asignados exclusivamente para cada tratamiento, asegurando una cobertura uniforme en la superficie de los frutos. Para determinar la vida de anaquel, se realizaron observaciones diarias durante 32 días, utilizando la escala de maduración establecida por Agro Nacionales (2018), bajo condiciones ambientales controladas (temperatura promedio de 28°C y humedad relativa del 80%). Se realizaron evaluaciones cada seis días para las variables de pH, con un potenciómetro portátil (Thonshin, YY-1030), sólidos solubles totales (SST) en °Brix mediante un refractómetro digital (Hanna HI9680, con un rango de 0-85% Brix), porcentaje de humedad conforme a la norma NMX-F-083-SCFI-2009, volumen de jugo (mL) y firmeza utilizando un penetrómetro (GY2, Proconsa),

seleccionado un fruto por unidad experimental con tamaño y peso similar. Para determinar la respuesta de cada una de las variables en forma particular, así como sus diferentes interacciones, se aplicó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial completo, con cinco repeticiones, los cuales se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias (Tukey $p \leq 0,05$), utilizando el programa Statistica®.

Resultados y discusión

La aplicación de extractos acuosos y sus combinaciones mostró un efecto positivo en la vida de anaquel, mostrando diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1), con una vida útil de entre 25 a 32 días en los tratamientos Kd, KA y APK, posiblemente por las características antimicrobianas, antioxidantes y antisépticas, presentes en las plantas utilizadas. Las diferencias son relevantes desde el punto de vista postcosecha, ya que, bajo las condiciones ambientales del estudio, los frutos tratados conservaron mejor su apariencia externa, lo que refuerza su potencial comercial.

Cuadro 1. Efecto de extractos vegetales sobre parámetros físico-químicos de *Citrus latifolia*.

Tratamiento	Vida de anaquel (días)	pH	SST (°Brix)	Humedad (%)	Volumen de jugo (mL)	Firmeza (N)	Observación visual al día 32
Ai	29 b	1.20 b	4.7 b	75.6 c	38 ab	5.3 b	Buena conservación
Pa	27 c	1.25 b	4.9 b	73.5 d	34 bc	4.9 b	Ligero resecamiento
Kd	30 ab	0.90 a	4.8 b	76 b	36 bc	6.5 a	Excelente estado
AP	24 d	1.50 d	5.8 c	73 d	36 ab	3.4 d	Ligero resecamiento
KA	31 ab	1.65 e	5.9 c	76.5 b	30 c	4.3 c	Excelente estado
KP	26 c	1.35 c	5.9 c	75 c	34 bc	4.0 c	Buena conservación
APK	32 a	0.90 a	4.4 a	77.5 a	42 a	6.2 a	Excelente estado
Blanco	2 e	1.70 f	7.1 d	63.5 f	16 d	2.9 d	Marchitamiento
Testigo	8 e	1.85 f	6.9 d	68.5 e	29 d	3.3 d	Marchitamiento

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

El análisis del pH de los frutos tratados evidenció valores que oscilaron entre 0.90 y 1.85. Los tratamientos APK y Kd presentaron los valores más bajos (0.90), lo que sugiere una mayor estabilidad química del fruto y una posible ralentización de los procesos de senescencia. En contraparte, el testigo y blanco mostraron los valores más altos (1.85 y 1.70, respectivamente), lo cual es consistente con una acelerada degradación postcosecha. Estos resultados coinciden con lo reportado por Campuzano *et al*. (2010) y Pérez-López (2016), quienes observaron incrementos en el pH con el avance del tiempo de almacenamiento en frutas cítricas. En relación con los sólidos solubles totales (°Brix), los tratamientos con extractos vegetales conservaron niveles bajos, entre 4.4 y 5.9 °Brix (Cuadro 1), lo que sugiere una menor descomposición de azúcares y una menor actividad metabólica, factores que contribuyen a retardar el ablandamiento del fruto y preservar su calidad.

En cuanto al contenido de humedad, los frutos tratados con extractos vegetales presentaron un mayor porcentaje en comparación con el blanco y testigo, lo que apunta a una reducción de la pérdida de agua durante el almacenamiento, lo que favorece la conservación del jugo, la textura y el peso del fruto. La pérdida de humedad es un indicador crítico de deterioro postcosecha, y su control es fundamental para prolongar la vida útil y la aceptabilidad comercial del producto. Esta misma tendencia se presenta en el volumen de jugo (Cuadro 1), generando una correlación positiva entre éste y el contenido de humedad, lo que respalda el papel protector de los extractos naturales aplicados. Particularmente se podría atribuir este efecto a la acción de los extractos vegetales sobre la cáscara del fruto, posiblemente reduciendo la transpiración, influyendo directamente en la calidad sensorial y comercial del fruto (Bernard, 2021).

Finalmente, en la firmeza se observaron diferencias marcadas entre los tratamientos, destacando los tratamientos Kd y APK, en contraste con el blanco y el testigo, lo que indica un menor grado de ablandamiento. Este aspecto es clave para la calidad postcosecha, ya que está asociada con la integridad estructural del fruto y su aceptación comercial. Todos los parámetros evaluados, sugieren que los extractos vegetales permitieron conservar

adecuadamente las propiedades internas del fruto durante el periodo de almacenamiento (Figura 1), posiblemente por un efecto sinérgico en la inhibición de microorganismos patógenos, reducción del estrés oxidativo y mantenimiento del balance de agua (El-Naggar *et al*., 2019).

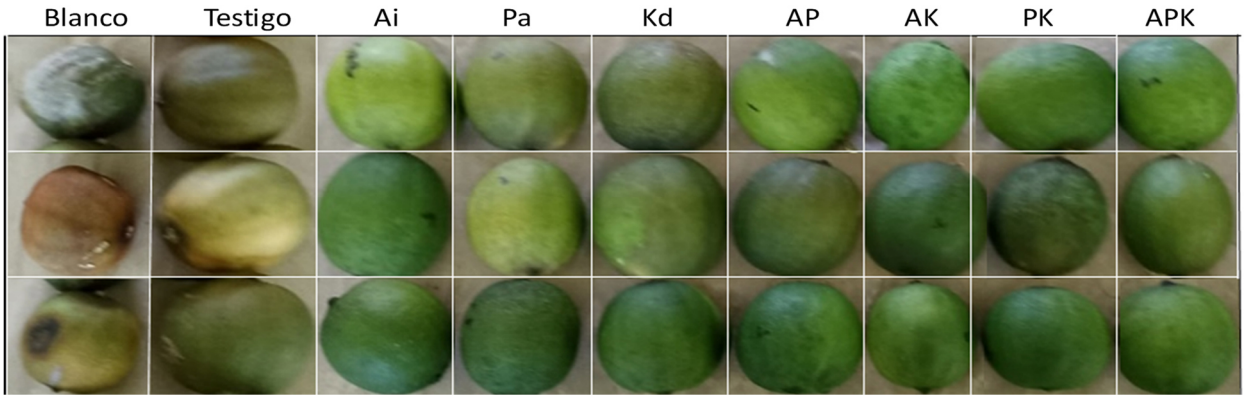


Figura 1. Representación visual del estado físico de los frutos por tratamiento a los 32 días de almacenamiento. Se incluyen tres ejemplares representativos por tratamiento en disposición vertical.

Conclusiones

Los extractos vegetales aplicados sobre limón persa mostraron un efecto positivo en la conservación postcosecha, destacando los tratamientos con *Kalanchoe daigremontiana* (Kd), su mezcla con *Azadirachta indica* (KA) y la combinación de los tres extractos (APK), que extendieron la vida de anaquel hasta 32 días. Estos tratamientos conservaron mejor la apariencia externa del fruto, mantuvieron bajos niveles de pH y sólidos solubles, y presentaron mayor contenido de humedad, volumen de jugo y firmeza, en comparación con el blanco y el testigo. Los resultados sugieren que los extractos vegetales promueven una mayor estabilidad física y química del fruto, probablemente por su acción antimicrobiana, antioxidante y antiséptica, representando una alternativa viable, económica y ambientalmente amigable para pequeños productores.

Referencias bibliográficas

Bernard, J. A. 2021. Fertilización y calidad de limón persa (Citrus latifolia Tan) en Tlaltizapán, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4): 921–934.

Campuzano, S., Pedrero, M., Yáñez-Sedeño, P., & Pingarrón, J. M. 2010. Disposable amperometric immunosensor for the determination of testosterone. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(2): 517–522. https://doi.org/10.1016/j.bios.2010.07.060.

El-Naggar, T., El-Hadidy, M., Abou-Aly, H., & Hassan, N. 2019. Enhancing vase life and post-harvest quality of cut carnations and rose flowers using neem extract. *Scientia Horticulturae*, 250: 355–361.

Pérez-López, M., Rodríguez-Arzave, A. & Hernández, R. 2016. Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(1): 233-238. Recuperado de https://es.scribd.com/document/525730005/47.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Panorama agroalimentario: limón. https://www.gob.mx/siap.

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN METANÓLICA DE CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis*) Y DE BAGAZO DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*)

César Yerik Velázquez-Gutiérrez[1]*, Ricardo Musule-Lagunes[1] y Alan Couttolenc-Aguirre[2]

[1]Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana, Parque ecológico "El Haya", Carretera Antigua a Coatepec, CP 91073 Xalapa, Veracruz, México.
[2]Universidad Veracruzana. Facultad de Química Farmacéutica Biológica Campus Xalapa, Circuito Aguirre Beltrán S/N Zona Universitaria, CP 91000 Xalapa, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: cyvelazquez@outlook.com

Palabras clave: *Economía circular, Química verde, Residuos agroindustriales, Compuestos bioactivos.*

Resumen
La agroindustria de la naranja (*Citrus sinensis*) y la jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) genera altos volúmenes de residuos agroindustriales, principalmente cáscaras y bagazo, los cuales representan una oportunidad dentro de la economía circular para ser transformados en productos de valor agregado. Este trabajo tuvo como objetivo comparar el rendimiento de la extracción metanólica de compuestos bioactivos a partir de la cáscara de naranja y el bagazo de jamaica. Se recolectaron las biomasas en establecimientos locales, se secaron al sol y se molieron a un tamaño aproximado de 2 cm². La extracción se realizó en cuatro ciclos sucesivos con metanol al 96%, aplicando sonicación y, bajo un esquema de química verde, reutilizando parcialmente el disolvente recuperado. Los rendimientos se expresaron en gramos de extracto seco por 100 g de biomasa seca y se analizaron estadísticamente mediante prueba de normalidad y U de Mann-Whitney, dado que los datos no presentaron distribución normal. Los resultados mostraron un rendimiento significativamente mayor en cáscara de naranja (12.25 ± 0.42 g/100 g; mediana = 12.07) respecto al bagazo de jamaica (4.81 ± 0.95 g/100 g; mediana = 4.52) ($p = 0.012$). Estos hallazgos evidencian el potencial de la cáscara de naranja como una fuente más eficiente para la obtención de extractos bioactivos, contribuyendo a la valorización de residuos y a prácticas sostenibles.

Introducción
México es el quinto productor mundial de naranja, con una producción anual que supera los 4.7 millones de toneladas (2020), de las cuales entre el 40% y el 60% terminan como residuos en forma de cáscaras y bagazo (Marín *et al.,* 2007). De manera similar, esta nación produce 7,000 toneladas anuales de jamaica fresca encontrándose entre los principales productores comerciales de cultivares y semillas con fines alimentarios y generando un volumen considerable de bagazo como subproducto (alrededor del 60%). Estos residuos agroindustriales, tradicionalmente empleados en alimentación animal o compostaje, representan un desafío ambiental y al mismo tiempo una oportunidad en el marco de la economía circular y el desarrollo sostenible. Bajo este enfoque, surge la necesidad de revalorizar los residuos agroindustriales mediante procesos que permitan su transformación en productos de alto valor agregado, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en lo relacionado con producción y consumo responsables. La valorización de cáscaras y bagazo ha permitido la obtención de harinas, pectinas, aceites esenciales y pigmentos, además de compuestos con reconocidas propiedades bioactivas como polifenoles y flavonoides, cuya actividad antioxidante y antiinflamatoria abre la puerta a aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética.
La obtención de compuestos bioactivos depende, en gran medida, del proceso de extracción y del tipo de disolvente empleado. Se ha demostrado que los rendimientos de extracción y el contenido de flavonoides y fenoles pueden incrementarse significativamente en función de la polaridad del disolvente utilizado (Turkmen *et al.,* 2006). En este sentido, el metanol es ampliamente utilizado en estudios fitoquímicos debido a su alta polaridad y su capacidad para disolver eficientemente flavonoides hidroxilados, polifenoles y otros compuestos con grupos funcionales polares. A diferencia de disolventes menos polares, el metanol permite una extracción más completa de los componentes de interés, maximizando el aprovechamiento de la biomasa. Pese al potencial de estos residuos, su valorización aún enfrenta retos técnicos y económicos que limitan su integración plena a cadenas de valor sostenibles. Por ello, es necesario profundizar en el estudio de los rendimientos de extracción y en el análisis de procesos que, sin comprometer la eficiencia, promuevan prácticas de química verde mediante el uso racional de disolventes y la recuperación de materiales. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es comparar el rendimiento

y la eficiencia de la extracción metanólica de compuestos bioactivos de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y del bagazo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) como base para su potencial aprovechamiento en actividades biológicas.

Materiales y métodos

Obtención de harina de cáscara de naranja (CN) y bagazo de jamaica (BJ): La obtención de las biomasas con las que se trabajaron se realizó mediante recolecciones diarias de peso indeterminado en juguerías locales de la ciudad de Xalapa, Veracruz en un lapso de 5 meses (enero-mayo 2024). Se les realizó un proceso de secado con luz solar durante 24h en donde la radiación UV fungió como proceso de desinfección. Una vez deshidratados, se molieron empleando un molino de granos adquiriendo un tamaño de partícula de 2 cm^2.

Extracción metanólica de compuestos bioactivos: Se pesaron 100 g de biomasa seca de CN o BJ por repetición y se disolvieron en 250 ml de disolvente polar: metanol al 96%. Se homogenizaron y se sometieron a sonicación durante 20 min a 40°C. Aunque la relación biomasa-disolvente total fue de 1:10 (100 g de biomasa por 1000 mL de metanol), el proceso se realizó en cuatro ciclos sucesivos: En cada ciclo, los 100 g de biomasa fueron sometidos a sonicación con 250 mL de metanol. Tras cada aplicación de ultrasonido, el extracto fue filtrado y el disolvente fue recuperado parcialmente mediante rotavapor a 50°C. El metanol recuperado se reutilizó complementando con metanol fresco hasta alcanzar nuevamente 250 mL para el siguiente ciclo. Este proceso se repitió cuatro veces por muestra para cumplir con la relación original 1:10. El extracto resultante de los cuatro ciclos se secó en una estufa a 50°C para obtener el extracto seco.

Análisis estadístico: Se realizó un diseño completamente aleatorio con dos tratamientos con CN y BJ, cada uno con cinco repeticiones. Se calculó la media, desviación estándar y rango de rendimientos de extracción (g/100 g biomasa seca). La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para la comparación de rendimientos se aplicó una prueba de Mann-Whitney U no cumpliendo con los datos de normalidad. Se utilizó un nivel de significancia de 0.05. Este análisis se realizó mediante el software estadístico Minitab 22.

Resultados y discusión

Los resultados de los rendimientos de extracción se presentan en el Cuadro 1. Dado que los resultados no seguían una distribución normal ($p < 0.05$) de acuerdo la prueba de normalidad (Ryan-Joiner), se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Los resultados mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas ($p = 0.012$), con un rendimiento mayor en cáscara de naranja (mediana = 12.07 g/100 g) que en bagazo de jamaica (mediana = 4.52 g/100 g). Los rendimientos de cáscara de naranja oscilaron entre 11.78 y 12.7 g/100 g, mientras que los de bagazo de jamaica se situaron entre 3.67 y 5.81 g/100 g. El rendimiento de cáscara de naranja fue aproximadamente 2.7 veces mayor que el del bagazo de jamaica. Estos resultados evidencian el potencial de la cáscara de naranja como una fuente más eficiente para la obtención de extractos mediante extracción metanólica bajo las condiciones empleadas.

Cuadro 1. Rendimientos de la extracción en CN y BJ. Cada valor es un promedio de determinación por quintuplicado; D.E.: desviación estándar.

Muestras de biomasa	Rendimiento de extracción (%) ± D.E.	Mediana (g/100g)	Mínimo – Máximo (g/100g)
Cáscara de naranja (CN)	12.25 ± 0.42	12.07	11.78 – 12.70
Bagazo de Jamaica (BJ)	4.81 ± 0.95	4.52	3.67 – 5.81

Estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura con extracciones similares. En el caso de la CN, se han documentado rendimientos cercanos a 12–15 g/100 g al emplear metanol al 70%, con variaciones asociadas al método y al tiempo de extracción (Tenorio Domínguez *et al.,* 2019). En la jamaica el caso es diferente, ya que si bien el rendimiento reportado es del 48.8%, la biomasa usada era cáliz fresco. Este mayor rendimiento puede ser debido a que el BJ ya viene de procesos de infusión y extracción industrial para hacer productos alimenticios. Asimismo, investigaciones con cálices secos y molidos tratados con metanol han mostrado un aumento en la concentración de compuestos bioactivos (Hashim *et al.,* 2024). Esto es consistente con los resultados de este estudio, en el que el BJ presentó un rendimiento significativamente menor. La diferencia de rendimientos de biomasa también puede atribuirse a la composición y a la mayor abundancia de compuestos solubles en metanol en la cáscara de naranja, como los flavonoides y polifenoles (Tenorio Domínguez, 2016).

Conclusiones

El bagazo de jamaica y la cáscara de naranja representan una significativa fuente de sustancias con evidencia de bioactividad. Se trata de un recurso importante de metabolitos como los antioxidantes. El uso de bagazo de jamaica es ampliamente recomendado como un aporte a la cadena de valorización en aumento de este desecho agroindustrial. Su aprovechamiento podría significar una producción de 2,400 toneladas de extracto seco teniendo en cuenta una producción de biomasa residual de entre 50 y 70% De igual manera, la obtención de cáscara de naranja para usos como antimicrobianos y antioxidantes es una táctica alentadora para mejorar el uso de este residuo, reduciendo de esta manera la producción de desechos, incrementando su valor económico y expandiendo sus usos en el sector alimentario. Nacionalmente y tomando en cuenta que el 60% de naranja producida nacionalmente acaba siendo residuo de cáscara tras su procesamiento, implementar la extracción como un método de valorización se tendría una generación anual de 1.7 a 2.8 millones de toneladas de extracto con bioactividades importantes.

Referencias bibliográficas

García-Santoyo, K. P., Ozuna-Lopez, C., & Mares-Mares, E. 2020. Extracción de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de flor de jamaica (Hibiscus sabdariffa L.) asistida por ultrasonidos de potencia. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 5, 227-232.

Hashim, N. A., Mahmod, N. H., Lema, A. A., Ho, L. H., & Khandaker, M. M. 2024. Effects of extraction solvents and drying techniques on antioxidant content and radical scavenging activity of roselle (Hibiscus sabdariffa) calyx. *Sarhad Journal of Agriculture*, *40*, 110-121.

Marín, F.R., Soler-Rivas, C., Benavente-García, O., Castillo, J. y Pérez-Álvarez J.A. 2007. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. Food Chemistry. 100(2): 736-741.

Tenorio Domínguez, M. 2016. Flavonoides extraídos de la cascara de naranja tangelo (Citrus reticulata x Citrus paradisi) y su aplicación como antioxidante natural en el aceite vegetal sacha inchi (Plukenetia volubilis). Scientia Agropecuaria, 7(4), 419-431.

Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y.S. 2006. Effect of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. Food Chemistry. 99: 838-841.

Agradecimientos

A SECIHTI por el apoyo al becario César Yerik Velázquez Gutiérrez con CVU 2049928.

INTERNET DE LAS COSAS EN HIDROPONÍA URBANA: UNA PROPUESTA PARA LOGRAR SISTEMAS AGROALIMENTARIOS SOSTENIBLES

Areli García-Mora[1*], Anet Judith Villalobos-Zárate[1], Cruz Enrique Bonola-Vázquez[1], Noé Guizar-Castellanos[1], Eliseo Rodríguez-Joachin[1] e Isaac Rodríguez-León[1]

[1]Tecnológico Nacional de México Campus Juan Rodríguez Clara, Km 1, Carretera Estatal a Nopalapan, CP 95670, Juan Rodríguez Clara, Ver, México.
Autor para correspondencia: agarciam@itsjrc.edu.mx

Palabras claves: *Huertos urbanos, Internet de las cosas (IoT), Soberanía alimentaria, Monitoreo de variables, Cultivos eficientes.*

Introducción

El acelerado crecimiento urbano y la escasez de áreas verdes han reducido el espacio para la agricultura, dificultando el acceso a alimentos frescos. Según la FAO (2021), más del 55% de la población mundial vive en ciudades, lo que incrementa costos y reduce la calidad nutricional. Para 2050, se espera que el 68% resida en zonas urbanas (ONU Hábitat, 2020), elevando la demanda de hortalizas. La agricultura convencional usa el 70% del agua dulce disponible (UNEP, 2021), con sobreexplotación de recursos y altos costos logísticos, lo que agrava la inseguridad alimentaria, especialmente en comunidades vulnerables, limitando su acceso a una dieta saludable.

El sistema hidropónico automatizado propuesto permite cultivar hortalizas orgánicas en interiores, ahorrando hasta 90% de agua frente a métodos tradicionales (Resh, 2013). Su automatización mediante IoT facilita su uso sin conocimientos técnicos (Moreno *et al.,* 2020), y su diseño modular lo adapta a hogares, escuelas u oficinas, promoviendo la autosuficiencia alimentaria y el bienestar (Cáceres & Rodríguez, 2019)

Materiales y métodos

La metodología de investigación utilizada se basa en un enfoque mixto al incorporar distintos sistemas de procesos cualitativos y cuantitativos para la construcción de un conocimiento preciso y práctico. También se hizo uso de la investigación experimental incluyendo un proceso de diagnóstico, observación, planeación, evaluación y reflexión. Fue realizada en el área del edificio principal con una superficie de 2 m^2 perteneciente al Tecnológico Nacional de México Campus Juan Rodríguez Clara, ubicada en el municipio de Juan Rodríguez Clara, Veracruz. Se divide en tres secciones: a) Diseño del prototipo, b) Funcionamiento del Prototipo y c) Análisis de resultados, las cuáles se describen a continuación:

a) Diseño del Prototipo. El sistema integra tecnología de Internet de las Cosas (IoT) a través de Arduino para el Sistema de riego automatizado, iluminación LED, sensores de control de variables agroclimáticas (humedad, temperatura, pH, EC), y monitoreo a través de una aplicación web (webapp), además de ofrecer una visualización de los datos en tiempo real a través de una pantalla LCD. Los usuarios pueden registrar información sobre la producción y distribución de las hortalizas en tiempo real a través de una bitácora fenológica de hidroponía, el registro histórico de los datos permite anticiparse a posibles problemas y tomar medidas rápidas en reacción a los cambios del cultivo de las hortalizas, como se observa en la Figura 1.
b) Funcionamiento del Prototipo. El tipo de sistema de cultivo hidropónico utilizado es el NFT Vertical con un Sistema Recirculante. Se utilizó la tecnología Arduino para que a través de sensores y actuadores se puedan controlar los siguientes parámetros:
    i. Para conocer las medidas del pH se utilizó una Sonda electrodo de pH BNC y módulo de detección del valor, si los niveles de pH varían fuera de los valores de 5.5 y 6.5, se envía una alerta de notificación al usuario a través del App web, y se puede visualizar en la pantalla LCD.
    ii. La Conductividad Eléctrica (EC) se mide con un Sensor de Sólidos Disueltos Totales (TDS) SEN0244 lee la sensibilidad del agua, que muestra el valor de la lectura en la pantalla LCD y en la App Web.
    iii. La temperatura del agua se midió a través del sensor digital DS18B20 que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse. Considerando a través de la programación como parámetros ideales para la solución el rango de 18ºC a 25ºC para tener una absorción óptima, cuando se encuentre fuera del parámetro, se envía una alerta al usuario vía WhatsApp y en la pantalla LCD.

iv. La frecuencia de riego se realiza cada tres horas durante 20 minutos. Considerando el horario de las 23:00 horas, se deja de bombear agua hasta las 8:00 am del siguiente día. Bombeando agua durante 7 horas y media al día aproximadamente. El sistema activa la bomba sumergible (Caudal: 80-120L/H, Diámetro exterior de salida de agua: 7,5 mm/0,3" y Dentro de diámetro de salida del agua: 5 mm/0.2"), que es la encargada de subir la solución nutritiva hasta la parte superior de los tubos del huerto. Se conecta a la placa Arduino UNO y está programada con el IDE de Arduino para el encendido y apagado inteligente de acuerdo con los parámetros del tiempo especificado.

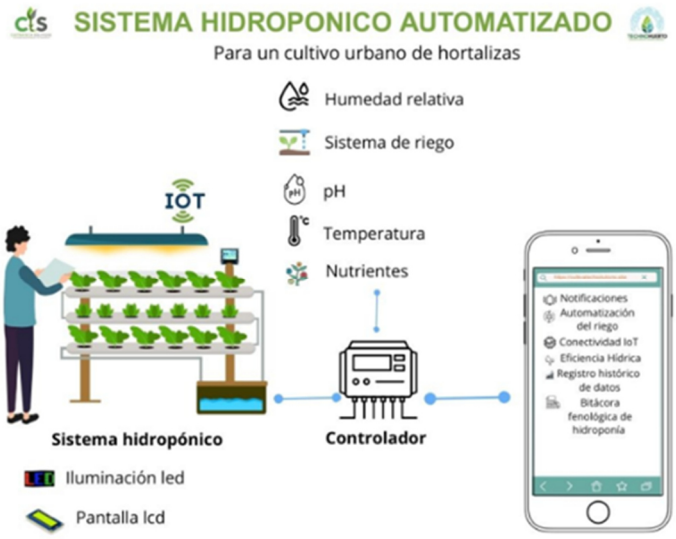


Figura 1. Diseño del Prototipo para un sistema acuapónico automatizado.

Resultados y discusión

Para realizar las pruebas del funcionamiento del prototipo se utilizó como hortaliza el cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta aromática anual catalogada como hortaliza de hoja verde, comestible y perteneciente a la familia *Apiaceae*, alcanza entre 30 y 70 cm de altura, posee una alta demanda culinaria debido a sus características aromáticas y de sabor, relacionadas con la estimulación al apetito y su reconocimiento como parte de los remedios naturistas (INTAGRI, 2021).

En las canastillas del Sistema Hidropónico NFT Vertical se colocó fibra de coco, previamente neutralizadas a través varios lavados con agua y posteriormente se mantuvo al sol durante cinco días antes de utilizarla. Posteriormente se hidrato la fibra de coco con la Solución nutritiva para cultivos de hidroponía marca InterGarden, con presentación en polvo con los componentes indicados en el Cuadro 1 y utilizando una dosis de 1.5 gr por cada litro de agua.

Cuadro 1. Composición de Solución Nutritiva de 150 gr con rendimiento para 100 litros.

Componente	Proporción (%)
Nitrógeno total (N)	10.00
Fósforo asimilable (P_2O_5)	8.00
Potasio asimilable (K_2O)	18.00
Azufre (S)	2.50
Magnesio (Mg)	1.80
Calcio (Ca)	5.90
Hierro (Fe)	0.10
Boro(B)	0.002
Zinc (Zn)	0.010
Cobre (Cu)	0.0002
Manganeso (Mn)	0.002

En el día 1 se sembró la semilla en las canastillas y se inicia el sistema de riego con los parámetros indicados en la programación, el proceso de germinación se inició en el día 3, los brotes empezaron a ser visibles, a partir del día 14 se comenzó a observar el desarrollo de raíces y tallos, a partir del día 20 se iniciaron a desarrollar las hojas superiores observando de 3 a 5 puntas y varios lóbulos de 2 a 6 cm de largo; actualmente el proceso de producción se encuentra en día 26 en espera del desarrollo foliar.
Durante los días iniciales de la plantación hasta el periodo en el que se encuentra se pudo comprobar el monitoreo remoto del entorno del Sistema Hidropónico a través de la App Web, el usuario pudo realizar instrucciones a los dispositivos IoT para encender o apagar la bomba de agua y para consultar información como la solución nutritiva, el pH o la temperatura, dentro de los parámetros establecidos, garantizando el acceso a la información de los datos de manera segura y eficiente para la toma de decisiones sobre la producción de sus hortalizas.

Conclusiones

El sector agrícola necesita proporcionar suficientes alimentos para hacer frente a la creciente población mundial. Actualmente, muchos usuarios urbanos interesados en cultivar sus propios alimentos recurren a métodos tradicionales; dichas soluciones requieren conocimientos previos, mantenimiento constante y espacio, lo que resulta una limitante para personas con estilos de vida acelerados o viviendas con poco espacio.
La implementación de la tecnología a través del Internet de las Cosas en la propuesta de esta investigación a través del huerto inteligente y automatizado diseñado con el tipo de sistema de cultivo hidropónico NFT Vertical con un Sistema Recirculante, promueve un método de cultivo eficientes y respetuoso con el medio ambiente en la producción de alimentos, respondiendo a las necesidades de los usuarios finales, promoviendo la soberanía alimentaria, el bienestar físico y emocional y educación ambiental.

Referencias bibliográficas

Allied Market Research. 2021. Hydroponics Market by Type and Equipment.
Cáceres, L., & Rodríguez, M. 2019. Agricultura urbana y bienestar. Revista de Desarrollo Urbano, 12(3): 45-58.
FAO. 2020. The future of food and agriculture. https://www.fao.org
FAO. 2020. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. https://www.fao.org
Moreno, G., Salgado, F., & Pérez, J. 2020. Sistemas hidropónicos automatizados. *Revista Mexicana de Agroingeniería*, 15(1), 20–34.
ONU-Hábitat. (2020). World Cities Report. https://unhabitat.org Resh, H. M. 2013. Hydroponic Food Production (7th ed.). CRC Press. Resh, H. M. (2022). *Hydroponic Food Production* (8th ed.). CRC Press.

ESTUDIO DE MERCADO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES DEL MUNICIPIO DE CUICHAPA, VERACRUZ

José Manuel Sanchez-Órea[1], Marisol Villegas-Cotlame[1], Joel Velasco-Velasco[2], Emanuel de Jesús Ramirez-Rivera[1], Rubén Purroy-Vasquez[1] y Alejandro Llaguno-Aguiñaga[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Veracruz. km 4 Carretera a la Compañia S/N, Tepetlitlanapa, Zongolica, Ver. CP. 95005.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, km 348 carretera federal Córdoba-Boca del Rio, Rancho Trejo, CP. 94500, Córdoba, Ver., México.
Autor para correspondencia: llaguno_agronomo@zongolica.tecnm.mx

Palabras clave: Setas, *Canales de distribución, Valor agregado, Innovación.*

Introducción

La producción mundial de hongos comestibles y trufas pasó de 3.0 a 50.8 millones de toneladas métricas en las últimas décadas (1994 a 2023). En 2023, la producción mundial de hongos y trufas estuvo liderada por China, con un volumen de más de 47 millones de toneladas; le siguieron Japón, India y Estados Unidos con cifras que van desde 462,000 hasta 315,000 toneladas, destacando su importancia en este mercado. Polonia y los Países Bajos también jugaron un papel clave, superando las 200,000 toneladas cada uno. España, Canadá, Francia y Rusia completan la lista de los diez principales productores, con volúmenes que oscilan entre 163,920 y 93,502 toneladas, reflejando una distribución geográfica diversa. (FAOSAT, 2023). El consumo de hongos en México viene de la tradición gastronómica prehispánica principalmente asociado a variedades silvestres. Hasta los años treinta es que inicia escalamiento semi e industrial en la producción de esta alternativa alimenticia, su alto potencial económico está asociado principalmente a la aplicación de la biotecnología. En el periodo 1993 a 2014, la producción nacional de hongos frescos creció un 600% alcanzando aproximadamente 63,374 toneladas, impulsada por pequeños productores, emprendedores y empresas privadas. Este sector representa un valor anual superior a 200 millones de dólares, contribuyendo a la generación de más de 25000 empleos, tanto directos como indirectos, fortaleciendo el desarrollo agrícola y comercial del país (Martínez-Carrera *et al.,* 2022). Ante la necesidad de diversificar fuentes de alimento, generar empleos y fomentar prácticas agrícolas sostenibles, surge la iniciativa de producir hongos comestibles en Cuichapa, Veracruz y realizar su respectivo análisis de mercado para su comercialización.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo con un enfoque descriptivo mixto, combinando investigación documental, trabajo de campo y participación en actividades formativas. Como base teórica, se realizó una revisión bibliográfica de fuentes confiables como SAGARPA, INIFAP, INECOL y Agrociencia, centrada en las características de los hongos comestibles tipo seta (*Pleurotus* spp.), su cultivo y comercialización. Posteriormente, se visitó un módulo de producción en Cuichapa, donde se observaron y practicaron las etapas del proceso productivo, desde la preparación del sustrato hasta la cosecha. Para reforzar esta experiencia, se asistió a un taller especializado en el municipio de Amatlán de los Reyes, Ver., donde se abordaron técnicas detalladas del cultivo. Asimismo, se aplicaron encuestas estructuradas a personas de entre 18 y 65 años para conocer sus hábitos de consumo y percepción sobre los hongos comestibles. Además, se realizó un análisis de la oferta y comercialización en mercados locales de Cuichapa, Amatlán y Córdoba, evaluando tipos de hongos, precios y presentaciones. Como parte de las actividades de divulgación, se elaboró un tríptico informativo y un diseño gráfico de la morfología del hongo, con fines educativos y de difusión.

Resultados y discusión

Características generales de la población encuestada. La distribución cubre rangos de 18 a 65 años. Los grupos más representativos son los de 48 a 53 años (20.5%) y 36 a 41 años (19.1%). Predominaron las mujeres con un 52.2%, seguidas por hombres con 46.2%, y un pequeño porcentaje que prefirió no especificar (1.6%). Las dos ocupaciones más comunes son ama de casa (37.7%) y campesino (35.2%), seguidas de empleados, profesionistas, emprendedores y estudiantes con porcentajes menores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características socioeconómicas de los encuestados.

Característica		Frecuencia	%
Edad	18-23	24	6.6
	24-29	34	9.3
	30-35	55	15
	36-41	70	19.1
	42-47	60	16.7
	48-53	75	20.5
	54-59	26	7.1
	60-65	22	6
	Total	366	100
Género	Hombre	169	46.2
	Mujer	191	52.2
	Prefiero no decirlo	6	1.6
	Total	366	100
Ocupación	Estudiante	16	4.4
	Ama de casa	138	37.7
	Emprendedor	17	4.6
	Profesionista	33	9
	Campesino	129	35.2
	Empleado	33	9.1

El 98.1% de las personas encuestadas han consumido hongos comestibles, lo que indica que son un alimento ampliamente conocido, sin embargo el consumo *per cápita* sigue siendo bajo, limitado a la temporada de lluvias y eventualmente cuando los encuentran en las verdulerías o los adquieren en los supermercados de las ciudades cercanas como son Córdoba y Orizaba, se consumen los champiñones enlatados que se adquieren en las tiendas de abarrotes cercanos; lo anterior concuerda con Martínez-Carrera *et al.* (2016) que en México el consumo anual de hongos *per cápita* es de alrededor de 0.62 kg, como referencia en Alemania el consumo es de 3.5 kg por persona/año. Se espera que se incremente en relación proporcional al incremento a la producción.

El 97.3% afirmó que su consumo es estacional. El 46.4% concuerda en que el consumo de hongos está relacionado con la gastronomía tradicional familiar; mientras que el 79.1% considera que la diversidad de recetas influye en el consumo; al respecto González & Campos (2023) señalan que la comestibilidad no es una propiedad inherente a las especies, sino que es algo definido por la cultura. Esta cualidad se construye a partir de sus características culinarias, su papel dentro de la cocina tradicional, los métodos de procesamiento y conservación, las formas, combinaciones y cantidades de ingestión, así como de los elementos simbólicos de cada cultura. Es decir, las personas solo consideran comestibles las especies que les enseñaron a reconocer, recolectar, procesar, cocinar y consumir.

El 92.3% de los encuestados considera que la economía personal influye en el consumo de hongos. Asimismo, el 94.1% consideran que su consumo les trae beneficios nutricionales. En cuanto a las preferencias de compra, el 63% prefiere adquirirlos en supermercados, mientras que otros métodos incluyen la recolección en el campo (41.3%) y la compra a vendedores ambulantes (13.3%). Además, el 69.3% de los consumidores no está familiarizado con la producción de hongos en el hogar.

Respecto a los factores más relevantes en la adquisición, el 94% prioriza la frescura, el olor, el tamaño y el color, mientras que el 71.5% también considera importante el empaque y la etiqueta. En términos de especies preferidas, *Agaricus champiñón* (60.2%) y *Pleurotus setas* (27.1%) son las más consumidas, seguidas por *Ustilago huitlacoche* (8%), *Agaricus portobello* y otras variedades como shiitake (4.7%).

En relación con la presentación del producto, el 82.5% prefiere empaques de 250 g o 500 g, mientras que el 17.5% opta por 1 kg. Sobre el precio, el 73% está de acuerdo en pagar entre 130 y 140 pesos por kilogramo, y el 86% considera que los hongos son una opción más económica en comparación con la carne de cerdo y res. Finalmente, el 93% de los consumidores expresó interés en una mayor disponibilidad de hongos en el mercado local, con mejores propiedades de empaque para preservar su calidad. A este respecto es importante resaltar la tecnología disponible para provechar los beneficios de la naturaleza de los hongos como alimento, su sabor y aroma notable, son nutritivos y se pueden procesar, secar, encurtir y enlatar fácilmente para permitir su almacenamiento y transporte desde el lugar de producción hasta el consumidor.

Conclusión

El análisis de la comercialización de hongos comestibles en el municipio de Cuichapa, Veracruz, evidencia un escenario con potencial para fomentar su consumo, actualmente presenta limitaciones estructurales. El abastecimiento en los mercados locales es irregular, dependiente de proveedores externos y repercute en un incremento de precios al consumidor final. La oferta se concentra en especies comunes como el champiñón (*Agaricus bisporus*) y las setas (*Pleurotus ostreatus*), disponibles en presentación fresca o en conserva. Durante la temporada de lluvias, se observa la incorporación eventual de especies silvestres, cuya comercialización es restringida debido al limitado conocimiento popular sobre su identificación y seguridad alimentaria, lo que genera desconfianza entre los consumidores.

Para promover el incremento sostenido del consumo de hongos, se recomienda el desarrollo de estrategias de divulgación orientadas al rescate del conocimiento culinario tradicional, revalorizando su papel en la gastronomía regional y su versatilidad en la alimentación cotidiana. Esta labor debe complementarse con la difusión de evidencia científica reciente que respalda los beneficios nutracéuticos y funcionales de los hongos, tales como su riqueza en compuestos bioactivos, su contribución al fortalecimiento del sistema inmunológico y su influencia positiva sobre el microbiota intestinal. La aplicación de tecnologías emergentes en biotecnología ha facilitado la producción controlada de diversas especies de hongos durante todo el año, lo que permite una oferta constante y favorece la consolidación de un mercado más estable, accesible y sostenible. La integración sinérgica entre tradición, ciencia y tecnología constituye una vía efectiva para consolidar a los hongos comestibles como un componente estratégico dentro de los sistemas alimentarios locales y como parte esencial de una dieta saludable y equilibrada.

Referencias bibliográficas

Martínez-Carrrera D., & Ramírez-Juárez J. 2016. *Ciencia, Tecnología een el sistema Agroialimentario de México* Colegio de Posgraduados, Ed.; 1st ed. bba.

Martínez-Carrera, D., Y. Mayett Moreno & M. R. Maimone Celorio. 2022. Los Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales: Aportación a la Dieta, la Salud, la Cultura, al Ambiente, y al Sistema Agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados, Agricultura, CONACYT, CB-HCFM, San Luis Huexotla, Texcoco, México. 584 pp. Contiene 190 Figuras y 57 Tablas.

González, J. A. B., & Campos, M. D. L. Á. H. 2023. Hongos y líquenes de México: Una herencia biocultural.Revista de la Universidad de México, (2):20-25.

FAOSAT. 2025. Cantidades de producción de Hongos y trufas por país Promedio 1994 - 2023.

Sahagún, F. V. 2021. Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles; hacia una seguridad alimentaria. Meio Ambiente Brasil, 2(5).

TRAYECTORIA TECNOLÓGICA E IMPACTO ECONÓMICO EN LOS PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE CAÑA: UN ANÁLSIS FACTORIAL MÚLTIPLE (2014-2024)

Jorge Armida-Lozano[1], Gustavo López-Romero[1], Felipe Gallardo-López[1], Jasiel Valdivia-Sánchez[2], Gregorio Hernández-Salinas[2], Juan Cristóbal Hernández-Arzaba[3], Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera[2]* y Diego Esteban Platas-Rosado[1]*

[1]Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal, Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas entre Puente Jula y Paso San Juan Predio Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz.
[2]Tecnológico Nacional de México Campus Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz.
[3]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal, México – Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz
*Autores de correspondencia: dplatas@colpos.mx, ejramirezrivera@zongolica.tecnm.mx

Palabras Clave: *Agroindustria, Caña de azúcar, Cambio tecnológico, Rendimiento.*

Introducción

La agroindustria azucarera en México ha experimentado transformaciones relevantes en la última década, impulsadas por factores tecnológicos, económicos y sociales. Factores como la mecanización de la cosecha de caña, la baja dependencia de mano de obra han generado fluctuaciones en la producción y precios del azúcar generado impactos diferenciados entre los principales estados productores. El objetivo de esta investigación es identificar patrones regionales y temporales que permitan comprender las trayectorias diferenciadas entre entidades y aportar evidencia para la toma de decisiones para lo cual se analizó la trayectoria tecnológica en la cosecha de caña de azúcar y su impacto económico de los estados con mayor producción nacional dentro de las zafras del periodo 2014 al 2024. Se aplicó la técnica multivariada de Análisis Factorial Múltiple (AFM) que permite hacer análisis simultáneo de grupos, con la finalidad de identificar patrones en común que permitan explicar los cambios ocurridos e identificar contrastes regionales y transiciones tecnológicas que evidencian el reordenamiento productivo del sector (Pages *et al.,* 1991).

Materiales y métodos

Se consideraron las siguientes variables: Producción de azúcar total (PAT), Superficie industrializada (SIN), Cortadores (COR), Caña cosechada mecánicamente (CCM), Caña alzada mecánicamente (CAM), kilogramos de Azúcar Recuperable Base Estándar KARBE teórico-tonelada de caña bruta (KTT), Precio de referencia del azúcar para el pago de la caña (PARA), Precio por tonelada de caña neta (PTC), Rendimiento de campo rendimiento de fábrica (RENC) y Rendimiento agroindustrial (RENA). Las variables se colectaron de la base de datos del informe estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar en México del 2014 al 2024 (CONADESUCA 2024). Los resultados fueron evaluados por análisis tipo muti-tablas mediante la técnica (AFM) y el coeficiente de correlación vectorial (Rv) (Josse *et al.,* 2008), para visualizar las diferencias, similitudes y grado correlación entre los estados de mayor producción de caña por año de producción.

Resultados y discusión

Durante el periodo 2014–2024, la producción nacional de azúcar en México experimentó una tendencia decreciente que alcanzó su punto más bajo en la zafra 2023–2024, con un volumen total de 4,703,547 toneladas. Esta caída histórica no solo evidenció las limitaciones estructurales del sector, sino que también generó un desbalance entre oferta y demanda, obligando al país a importar aproximadamente 600,000 toneladas de azúcar para abastecer el mercado interno. A nivel estatal, el impacto fue desigual. San Luis Potosí presentó la mayor reducción en producción con un 42% menos respecto al ciclo anterior, seguido por Jalisco (-10.89%), Veracruz (-8.8%) y Oaxaca (-6.46%). En contraste, Chiapas mostró un ligero incremento del 0.07%, lo que sugiere cierta resiliencia o estabilidad en su sistema de producción. En cuanto a la superficie industrializada, se reportó una disminución de 63,074 hectáreas a nivel nacional en la zafra 2023–2024, lo que equivale a una contracción del 8.5% en relación con el ciclo anterior. Esta tendencia fue más severa en Veracruz, que perdió el 33.2% de su superficie, seguido de San Luis Potosí (-28.8%) y Jalisco (-12%), lo que indica una posible correlación entre la

reducción de superficie cosechada y la baja en producción. Uno de los hallazgos del análisis es la transición tecnológica observada en el proceso de cosecha, que se da por el lado del progreso tecnológico e innovación (Santiago *et al.,* 2021). Se identificó una relación inversamente proporcional entre el número de cortadores y el porcentaje de caña cosechada mecánicamente. En 2014, se contaba con 70,323 cortadores, mientras que en 2024 la cifra disminuyó a 65,831, lo que representa una reducción del 6.4%. Simultáneamente, el porcentaje de cosecha mecánica aumentó del 16.1% al 21.7%, destacando como estados impulsores del cambio tecnológico a San Luis Potosí y Veracruz, con incrementos del 12.9% y 8.6%, respectivamente. Jalisco, aunque no ha aumentado su proporción de mecanización en años recientes, se mantiene como el estado con el mayor promedio de cosecha mecánica en la última década (27.2%). En contraste, Oaxaca continúa con una mínima incorporación de maquinaria, con menos del 1% de su cosecha realizada mecánicamente, lo que revela una alta dependencia del trabajo manual. Por otro lado, la caña alzada mecánicamente mostró una disminución de 82.9% a 71.9% a nivel nacional. Este descenso está directamente relacionado con el incremento de la cosecha mecanizada, ya que en muchos casos las cosechadoras realizan ambas labores. Un caso atípico es Oaxaca, donde se mantiene un nivel muy alto de alzamiento mecánico (99%), lo que indica una estructura operativa distinta al resto del país. En cuanto a la eficiencia técnica, el KARBE teórico (kg de azúcar recuperable base estándar por tonelada de caña bruta) mostró una disminución nacional de 7.9 puntos en el periodo, siendo Oaxaca y Veracruz los estados que reportaron las caídas más significativas (12 puntos en ambos casos), aunque aún se mantienen por encima del promedio nacional. A pesar de estos indicadores negativos, la zafra 2023–2024 estuvo marcada por un aumento en los precios. Tanto el precio de referencia del azúcar como el precio por tonelada de caña neta alcanzaron sus niveles más altos del periodo, lo cual benefició a los productores y compensó parcialmente las pérdidas de volumen. Este fenómeno se atribuye directamente al déficit de producción nacional y a la necesidad de importar azúcar para satisfacer el consumo interno. Finalmente, los rendimientos de fábrica y agroindustriales se mantuvieron relativamente estables durante la década, con variaciones mínimas, lo cual sugiere que los cambios en producción están más vinculados a la disponibilidad de caña y superficie, que a la eficiencia de los procesos industriales.

La Figura 1 muestra el resultado del AFM en el cual se muestran tres trayectorias que consisten en:

1. Un primer grupo de años (2014–2018) asociados a indicadores de volumen y eficiencia como producción total de azúcar (PAT), rendimiento de campo y fábrica (RENC, RENA), y superficie industrializada (SIN).
2. Un periodo de transición (2019–2021), con mayor dispersión, reflejando posibles tensiones estructurales y cambios de dirección.
3. Finalmente, los años más recientes (2022–2024) se agrupan hacia el cuadrante donde dominan variables como precio por tonelada de caña (PTC), precio de referencia del azúcar (PARA) y cosecha mecanizada (CCM), lo cual sugiere un giro hacia una lógica más económico-tecnológica en la producción.
4. Los grados de correlación entre estados oscilo entre 0.46 a 0.97 siendo las asociaciones más importantes entre los Estados de Veracruz-Oaxaca (*Rv* = 0.89), Veracruz-San Luis Potosí (*Rv* = 0.89) y Veracruz-Nacional (*Rv*= 0.97). Lo anterior refleja también en la trayectoria de los Estados: Veracruz y San Luis Potosí se desplazan del enfoque en rendimientos hacia la mecanización. En el caso del Estado de Chiapas se ubica recientemente cerca de los vectores de precios y el Estado de Jalisco, aunque muestra estabilidad en su nivel de mecanización, se ubica consistentemente en la zona de mayor tecnificación. Por su parte, el Estado de Oaxaca permanece al margen del proceso de modernización asociado a métodos tradicionales de cosecha y alzamiento. Por todo lo anterior, mediante la aplicación del AFM se comprueba cuantitativamente los patrones identificados previamente y permite visualizar la trayectoria tecnológica y económica del sector cañero en una perspectiva espaciotemporal.

Producción de azúcar total (PAT), Superficie industrializada (SIN), Cortadores (COR), Caña cosechada mecánicamente (CCM), Caña alzada mecánicamente (CAM), KARBE teórico-tonelada de caña bruta (KKT), Precio de referencia del azúcar para el pago de la caña (PARA), Precio por tonelada de caña neta (PTC), Rendimiento de campo rendimiento de fábrica (RENC) y Rendimiento agroindustrial (RENA).

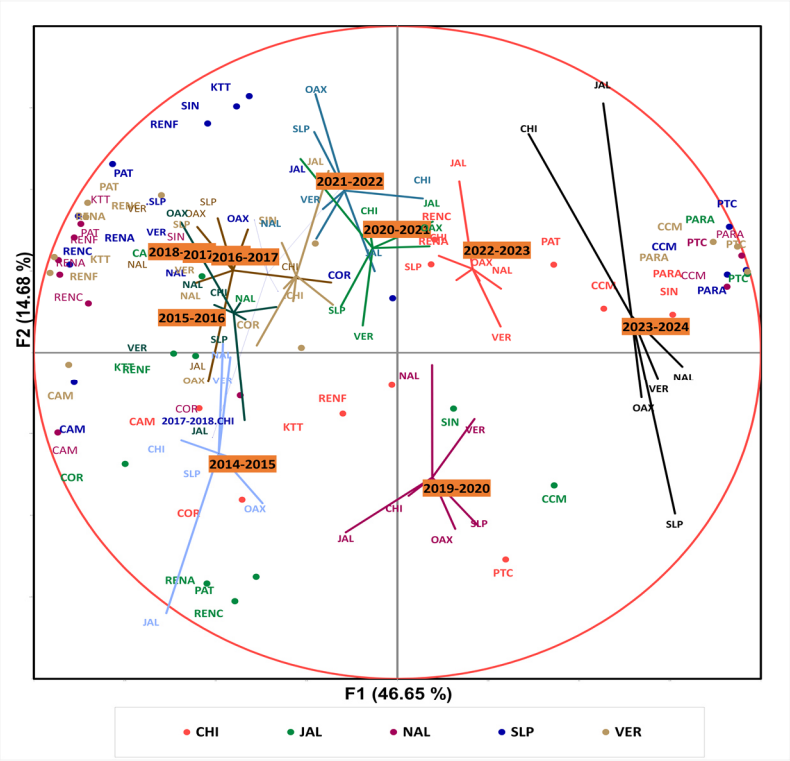


Figura 1. Circulo de correlaciones variables y factores Año de producción y Estados.

Conclusiones

Con los hallazgos obtenidos se concluye que del periodo 2014-2018 existió una asociación con los aspectos producción de azúcar, rendimiento en campo y superficie industrializada. Sin embargo, del 2022 al 2024 han predominaron los aspectos de precio por tonelada de caña, precio de referencia del azúcar y cosecha mecanizada (CCM). A nivel de Estado se concluye que la producción de caña de Veracruz tiene una amplia similitud (*Rv*= 0.89) con la forma y tipo de producción de este cultivo en lugares como Oaxaca y San Luis Potosí y principalmente con el promedio Nacional con lo que se conforma que Veracruz es referente en la producción de azúcar.

Referencias bibliográficas

CONADESUCA. 2024. Comité nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar. Informe estadístico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en México zafras 2013-2014/2023-2024. Ciudad de México, México.

Josse J, Pagés J, Husson F. 2008. Testing the significance of the RV coefficient. Comput. Stat. Data A 53:82-91.

Pages, J., Escofier, B., Haury, J. 1991. Multiple Factor Analysis: A Method to Analyse Several Groups of Variables Measured on the Same Set of Individuals. In: Devillers, J., Karcher, W. (eds) Applied Multivariate Analysis in SAR and Environmental Studies. Eurocourses: Chemical and Environmental Science, vol 2. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3198-8_2

Santiago Zárate, Ilich Miguel, Martínez Damián, Miguel Ángel, Cuevas Alvarado, Cristóbal Martín, Valdivia Alcala, Ramón, García Hernández, Mario Ivan, & Hernández Toscano, Jesdel. 2021. Productividad y cambio tecnológico en la agroindustria de la caña de azúcar en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(6), 1005-1017. Epub 21 de marzo de 2022.https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2692

RESPUESTA DEL MANGO MANILA VERACRUZANO SOMETIDO A TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS

Elizabeth León-García[1*], Héctor Cabrera-Mireles[2], Adali Montes-Sánchez[3], Yulissa Virginia Morales-Bonilla[3], Israel López-Morato[3] y Yeudiel Gómez-Simuta[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Posta. km 22.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. C.P. 94277. Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. C.P. 97270. La Esmeralda, Medellín de Bravo, Veracruz.
[3]Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Úrsulo Galván, Veracruz.
[4]Programa Moscas de la fruta. SADER-IICA. Metapa de Domínguez, Chiapas.
*Autor para correspondencia: eliibq@gmail.com

Palabras clave: *Hidrotermia, Irradiación, Calidad poscosecha*, *Mangifera indica* L.

Introducción

El mango es un fruto tropical, dulce, jugoso, con pulpa de color amarillo o naranja. En México, la variedad Manila, ocupa la tercera posición en producción y representa el 15.07% de la producción nacional. Veracruz por su parte, es el segundo productor de mango Manila (28.3%) después de Guerrero con 98,360 t (SIAP, 2024). Para el estado de Veracruz, la producción de mango variedad Manila representa cerca del 94% de la producción total de mango, sin embargo, el mango Manila Veracruzano está destinado al consumo local y apenas es comercializado en unos pocos estados cercanos, pues no es exportado como lo son las variedades Kent, Keitt, Haden, Tommy Atkins y Ataulfo. Dentro de los factores diversos que han impedido la exportación de la variedad Manila, se encuentra el cumplimiento a los tratamientos cuarentenarios para eliminar cualquier larva o huevo presente en los frutos perteneciente al género *Anastrepha* spp. Para la exportación a los Estados Unidos de América, existe el Plan de Trabajo para el Tratamiento y Certificación de mangos mexicanos desarrollado conjuntamente con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), el Servicio de Inspección Sanitaria de plantas y animales (APHIS), el Plan de Protección y Cuarentena (PPQ) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA),2007. Este plan de trabajo, el cual ha servido de base para otros países, contempla el uso del tratamiento hidrotérmico (TH) o el tratamiento de Irradiación (TI), lo que garantiza la exportación segura de mango. En el caso del TH, el fruto debe ser sometido a inmersión en agua a una temperatura de 46.1°C, con tiempos de exposición de (65, 75 y 90 min) que varían de acuerdo al peso de los frutos entre (375, 570 y 700 g). Para el TI, se debe exponer la fruta a 150 Gy de radiación; sin embargo, en la variedad Manila hay muy poca investigación que evidencie la calidad del mango sometido a los tratamientos anteriormente mencionados y la suposición mal fundamentada, es que el mango Manila no soporta ninguno de estos tratamientos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo de investigación, fue realizar la aplicación de los tratamientos cuarentenarios hidrotérmico e Irradiación en frutos de mango Manila pertenecientes al estado de Veracruz y determinar la calidad del fruto durante su vida poscosecha a temperatura de 25°C ± 2°C y 13°C ± 1°C.

Materiales y Métodos

Los frutos utilizados en ambos experimentos fueron colectados de las instalaciones del Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, el cual se localiza a los 18°50´ de latitud norte y a los 96°10´ de longitud oeste. De igual manera, se colectaron frutos de la localidad de los ídolos, del municipio de Actopan, Veracruz, ubicado a los 19°25 latitud norte y 96°31´ longitud oeste. Para la aplicación del TH, los frutos fueron cosechados el 21 de mayo del 2024, a los 113 días a partir de la floración y posteriormente transportados a la planta de tratamiento (PT) “El Tabernal”, ubicada en San Francisco Ixhuatán, Oaxaca. Se utilizaron frutos calibre 12 y 14. La PT cuenta con el agente autorizado de la USDA, el cual verificó el cumplimiento de la aplicación del protocolo normativo APHIS-USDA-SAGARPA. Los frutos de mango Manila Veracruzano contenidos en rejas de plástico fueron sumergidos completamente en una tina hidrotérmica adaptada con sensores de temperatura, los cuales generan un registro cada 2 min. La rampa de temperatura implementada por la planta procesadora contempla temperaturas entre 48°C y mínima de 46.1°C. El tiempo de residencia del fruto fue de 75 min. Posteriormente, los frutos salieron del TH y reposaron a temperatura ambiente de la PT (35°C) durante 1 hora. El diseño factorial fue un 2X2X2; siendo los factores: TH (si o no), T (25 y 13°C) y calibre (12 y 14). En el caso del TI, la aplicación se realizó en la PT

"Mosca Med" ubicada en Metapa de Domínguez, Chiapas. Los frutos fueron cosechados el día 8 de junio de 2024, 120 días a partir de la floración. Los calibres obtenidos fueron 14 y 16. El fruto se sometió a 4 dosis de irradiación de rayos gamma usando una fuente de Cobalto 60. Las dosis de irradiación fueron 150, 200, 300 y 500 Gy. Posterior a la aplicación, los frutos fueron retirados del cuarto de irradiación y regresados a las cámaras donde se mantuvieron a temperatura de 20°C durante aproximadamente 12 h. El diseño factorial fue un 5X2X2, siendo los factores: dosis de Irradiación (0, 150, 200, 300 y 500 Gy), T (25 y 13°C) y calibre (14 y 16). Posterior a la aplicación de ambos tratamientos, los frutos fueron transportados al laboratorio de Poscosecha y Nutracéuticos del CE La Posta para realizar el seguimiento durante la vida poscosecha. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de pérdida de peso (PP), textura, pH, °Brix, porcentaje de acidez titulable, color de piel y pulpa. Los datos fueron analizados mediante un diseño de bloques completamente al azar, aplicando un ANOVA. Para comparar las medias se empleó una prueba de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el software estadístico Minitab versión 18.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se presentan los resultados del día 12 de los frutos de mango Manila calibre 14, sometidos a TH y TI, almacenados a 25 y 13°C. En la PP, la T de 13°C tuvo significancia, ya que redujo los valores en comparación a la de 25°C. En el caso del TH no hubo diferencia entre tratamientos a 13°C; en el TI el testigo obtuvo menor PP en este día, pero no en los anteriores. Los valores de pH fueron en aumento conforme la madurez del fruto avanzaba, este incremento es una buena señal que el fruto madura normalmente. Por otro lado, la acidez disminuye conforme avanza la madurez, en esta variable, la T fue significante, a los 12 días los frutos almacenados a 25°C llegaron a una acidez entre 0.19-0.30 mientras que a la T de 13 °C alcanzaron entre 0.46 y 0.63% de acidez para ambos tratamientos. El desarrollo de azúcares simples, en este caso medidos como °Brix, mostró valores superiores en el caso del TH en comparación con su testigo. En el caso del TI, no hubo diferencias entre el testigo y los frutos irradiados. La textura medida en pulpa de mango, no tuvo diferencias significativas en el TI, no así en el TH donde los frutos testigos obtuvieron mayores valores.

Cuadro 1. Resultados de porcentaje de pérdida de peso, pH, °Brix, porcentaje de acidez y textura de frutos de mango Manila mantenidos a 25 y 13°C durante 12 días con aplicación de Tratamiento Hidrotérmico e Irradiación.

Tratamiento	% P de Peso		pH		°Brix		% Acidez		Textura	
	25°C	13°C	25°C	13°C	25°C	13°C	25°C	13°C	25°C	13°C
Testigo	16.2^{c}	9.4^{a}	5.0^{b}	4.3^{a}	13.7^{a}	15.2^{a}	0.21^{a}	0.51^{b}	1.46^{b}	1.08^{b}
Hidrotérmico	11.2^{b}	8.6^{a}	5.2^{b}	4.6^{a}	16.8^{b}	19.9^{bc}	0.25^{a}	0.55^{b}	0.85^{a}	0.72^{a}
Testigo	14.2^{c}	9.6^{a}	5.7^{b}	4.5^{a}	20.5^{c}	18.4^{bc}	0.19^{a}	0.63^{b}	0.73^{a}	0.73^{a}
TI-150Gy	15.7^{c}	11.4^{a}	5.5^{b}	4.7^{ab}	18.9^{bc}	23.5^{c}	0.30^{a}	0.52^{b}	0.59^{a}	0.76^{a}
TI-200Gy	14.3^{c}	11.0^{b}	5.8^{b}	4.6^{ab}	20.7^{c}	19.1^{bc}	0.22^{a}	0.61^{b}	0.69^{a}	0.58^{a}
TI-300Gy	14.6^{c}	11.1^{b}	5.5^{b}	5.1^{b}	17.9^{b}	21.3^{c}	0.22^{a}	0.46^{b}	0.54^{a}	0.74^{a}
TI-500Gy	16.1^{c}	10.6^{b}	5.4^{b}	4.7^{ab}	18.4^{bc}	23.6^{c}	0.28^{a}	0.48^{b}	0.70^{a}	0.63^{a}

Letras diferentes por variable indican diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

En el caso del color, en ambos tratamientos (TH y TI) se observó un desarrollo normal, medido en luminosidad (L), matiz (°Hue) y saturación del color (Croma) derivado de los procesos bioquímicos que suceden en el fruto propios de la maduración. No se encontró diferencia significativa en los parámetros medidos de color. El °Hue fue disminuyendo gradualmente, desplazándose hacia los tonos amarillos característicos del mango Manila. Por su parte, el Croma fue aumentando. Gómez-Simuta *et al*. (2017) reportan diferencias significativas en el color medido como °Hue en frutos de mango Ataulfo irradiado a 300 Gy, sin embargo, durante su evaluación sensorial los panelistas no encontraron diferencia con el testigo. En el día 9 de almacenamiento, los frutos se encontraban en madurez de consumo, óptimo para ser comercializado. En la figura 1 se encuentran los frutos de mango Manila (a) Testigos y (B) TH, mantenidos a 13°C en el día 9, en la cual se aprecia una apariencia similar entre ellos.
Por otro lado, en la figura 2, se encuentran los frutos del TI bajo las mismas condiciones de T (13°C) y almacenamiento (9 d), donde se aprecia que los frutos irradiados maduran de manera similar a los testigos. En ambos casos (TH y TI) la T de 13°C fue idónea para almacenar los frutos sin provocar daño por frio.

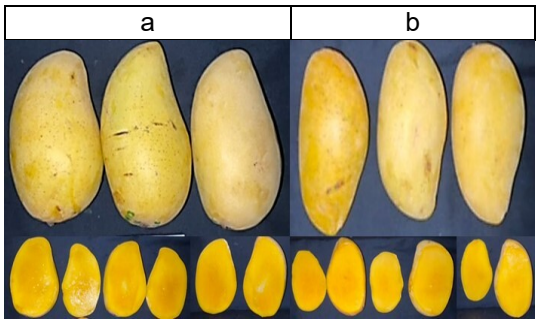


Figura 1. Frutos de mango Manila Veracruzano conservados 9 días a temperatura de 13 ±1°C. Testigo (a), Tratamiento Hidrotérmico (b). Frutos enteros fila superior, pulpa expuesta en mitades, fila inferior.

Figura 2. Frutos de mango Manila Veracruzano conservados 9 días a temperatura de 13 ±1°C. Testigo (a); Irradiados a 150 Gy (b), 200 Gy (c), 300 Gy (d) y 500 Gy (e). Frutos enteros fila superior, pulpa expuesta en mitades, fila inferior.

Conclusiones

El mango Manila Veracruzano tiene tolerancia a los tratamientos cuarentenarios Hidrotérmico e Irradiación. Durante la vida poscosecha no se encontraron diferencias significativas mostrando desventajas en las variables de respuesta de los frutos con tratamiento cuarentenario y los testigos. Los calibres superiores (12 y 14) resisten mejor los tratamientos cuarentenarios. Así también la T de 13°C mostró los mejores resultados. La dosis de Irradiación de 200 Gy mostró las mejores características en los frutos. Los tratamientos cuarentenarios redujeron significativamente la presencia de antracnosis, mostrando ser efectivo en el control de la enfermedad.

Agradecimientos

Agradecemos a la Planta de Tratamiento “El Tabernal”, a los Ingenieros Nivon por su apoyo incondicional en la aplicación del Tratamiento Hidrotérmico. A la Planta Moscamed y su equipo de trabajo, por la participación invaluable en la aplicación del Tratamiento de Irradiación. A la SADER por su apoyo y respaldo a través del Dr. Héctor Chalate Molina, al productor Guillermo Palmeros, por la donación del fruto en ambos experimentos.

Fuente Financiadora

Gobierno del Estado de Veracruz, a través del COVEICYDET por el financiamiento del proyecto “Tratamientos Cuarentenarios en mango Manila Veracruzano” con clave CP 1112 1203/2023.

Referencias Bibliográficas

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Consultado en 2024.

Gómez, S. Y., Hernández, E., Aceituno, M. M., Liedo, P., Escobar, L. A. y Montoya, P. (2017). Radiation Physics and Chemistry. 139, 27–32.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA INVERNADERO CON HMI

Fernando Malagón-González*[1], José Alonso Barojas-Vásquez[1], Rafael Arriaga-Hernández[1] y Juan Carlos Núñez-Dorantes[1]

[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV). Avenida Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja, Cuitláhuac, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: fernando.malagon@utcv.edu.mx

Palabras clave: *Ambiente controlado, Sensores, Programación.*

Introducción

El control ambiental dentro de un invernadero es un factor clave para el desarrollo óptimo de cultivos hortícolas, ya que permite mantener condiciones estables deseadas que favorecen su crecimiento, reduciendo pérdidas por exceso de temperatura o falta de humedad. En este sentido, el concepto de invernadero inteligente surge como una solución tecnológica que busca optimizar el cultivo mediante un sistema automatizado de riego y ventilación, asegurando tanto la estabilidad de las condiciones ambientales como un uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos.

Este trabajo presenta el diseño y la implementación de un sistema de automatización para un invernadero, utilizando un PLC FX3U de Mitsubishi y una interfaz HMI Kinko modelo GL100. El objetivo principal es mantener condiciones adecuadas de temperatura y humedad para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), mediante la activación automática de extractores de aire y el control preciso del sistema de riego.

La propuesta se centra en establecer umbrales críticos de temperatura y humedad que favorezcan el desarrollo vegetal, y automatizar los sistemas de control climático para reducir la intervención manual, mejorar la eficiencia operativa y minimizar el consumo de agua y energía.

Materiales y métodos

Se utilizó un PLC FX3U de la marca Mitsubishi como unidad central de control y una HMI Kinko GL100 para la interfaz con el usuario. La comunicación entre estos dispositivos se realizó mediante protocolo RS232. Se integraron cuatro extractores y un sensor de temperatura y humedad modelo XY-MD02 con salida Modbus RS485 y alimentación de 5-30V (Figuras 1 a la 3).

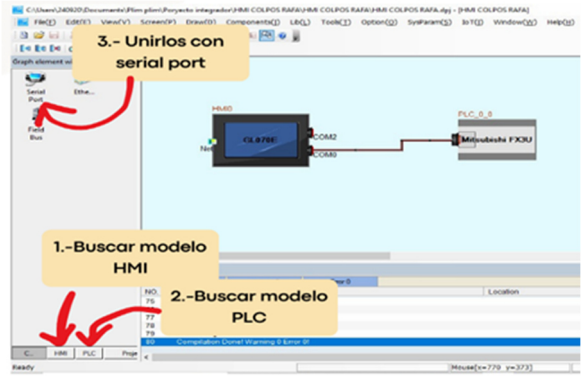


Figura 6. Conexión de PLC y HMI.

La programación en la HMI incluyó marcos de configuración para el paro de emergencia (M90), acceso por contraseña (LW9040), visualización de temperatura promedio (Dword700), control de extractores (Y4 y Y5) y definición de temperatura deseada (Dword1000). Los datos se almacenaron en un registrador de datos con extracción por medio de memoria extraíble.

Figura 7. Interfaz del sistema.

El diseño experimental se basó en la observación continua de las variables temperatura y humedad dentro del invernadero. Para el análisis estadístico se graficaron los datos y se compararon con los rangos óptimos de temperatura para el cultivo de pepino (24°C a 29°C).

Figura 8. Pantalla de inicio.

Resultados y discusión

Los datos muestran que, al establecer una temperatura objetivo de 24°C en la HMI, el sistema activó los extractores automáticamente cuando la temperatura superó este umbral. La gráfica obtenida muestra una disminución progresiva de la temperatura hasta alcanzar el valor deseado, evidenciando el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

El sistema mostró capacidad de respuesta en tiempo real, y los registros de datos obtenidos, facilitaron la trazabilidad de condiciones climáticas internas. Además, la interfaz HMI resultó amigable para el usuario, permitiendo ajustes rápidos sin necesidad de intervenir el PLC directamente.

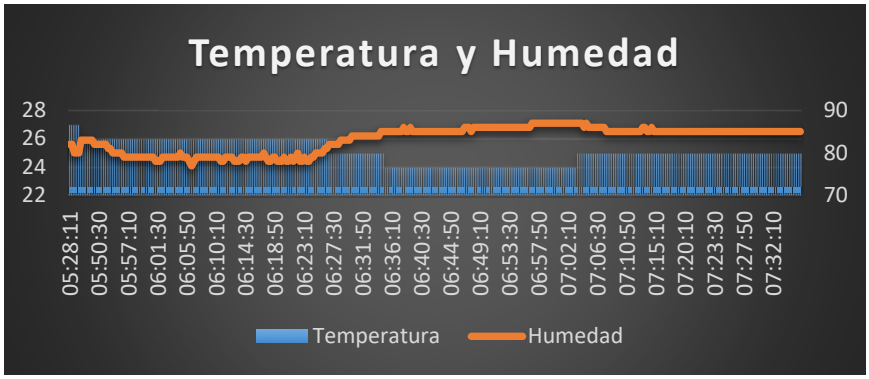


Figura 9. Variables de temperatura y humedad con respecto al tiempo.

La Figura 4, muestra la evolución de la temperatura y la humedad relativa en un período determinado. La temperatura está representada por el área sombreada en azul, mientras que la humedad relativa se grafica con una línea naranja discontinua. El análisis de estos datos permite identificar patrones y tendencias meteorológicas relevantes para predecir condiciones climáticas futuras.

1. Temperatura:
    - La temperatura inicialmente se mantiene alrededor de los 27°C, como se observa en los primeros registros del día.
    - A medida que avanza el tiempo, la temperatura experimenta fluctuaciones leves, pero generalmente permanece estable entre 24°C y 27°C.
    - Hacia las últimas horas del período analizado, la temperatura vuelve a elevarse ligeramente hasta alcanzar los 25°C.
2. Humedad Relativa:
    - La humedad relativa comienza cerca del 85%, lo cual indica condiciones húmedas desde el inicio del período.
    - Durante el transcurso del día, la humedad relativa presenta variaciones más marcadas, oscilando entre aproximadamente 80% y 86%.
    - En ciertos momentos, la humedad llega a niveles cercanos al 86%, lo que sugiere condiciones extremadamente húmedas.

Conclusiones

La automatización del invernadero utilizando un PLC FX3U y una HMI Kinko GL100 fue efectiva para el control de temperatura en el cultivo de pepino. Por otro lado, la información meteorológica menciona que entre las 5:30 y las 7:30, la temperatura estará alrededor de los 27°C y la humedad relativa estará cerca del 90%. Esta predicción coincide con los datos observados en la gráfica:

- Temperatura: La gráfica muestra que la temperatura inicialmente se mantiene alrededor de los 27°C, lo cual es consistente con la información proporcionada.
- Humedad: La humedad relativa también inicia cerca del 90%, lo que respalda la predicción meteorológica.
- La gráfica confirma la predicción meteorológica de que entre las 5:30 y las 7:30, la temperatura estará alrededor de los 27°C y la humedad relativa estará cerca del 90%.
- Estas condiciones son favorables para la formación de cielos nubosos y aumentan significativamente la probabilidad de lluvias.
- Es importante monitorear continuamente la evolución de la humedad relativa y la temperatura, ya que cualquier incremento adicional podría intensificar las posibilidades de precipitaciones.

El sistema respondió de manera eficiente a los cambios de temperatura mediante el encendido automático de extractores, cumpliendo con los objetivos planteados. Esta solución puede replicarse en otros entornos de producción.

Referencias bibliográficas

López, G., Salazar, S. y Rodríguez, M. 2020. Diseño e implementación de un sistema automatizado para el control climático en invernaderos hortícolas. Revista Iberoamericana de Automatización e Informática Industrial, 17(2):89-98. https://doi.org/10.1016/j.riai.2020.01.003

Hernández, J., Pérez, R. y Medina, A. 2021. Control automático de humedad y temperatura en invernaderos mediante PLC y HMI. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 13(1):45-53. https://doi.org/10.22201/fia.25942194e.2021.13.1.123

Gómez, L. y Vargas, C. 2019. Automatización de un sistema de riego en cultivos protegidos utilizando sensores y controladores lógicos programables. Agricultura Técnica en México, 45(3):305-314. https://doi.org/10.5154/r.rtm.2019.03.004

Martínez, D. y Torres, M. 2022. Interfaz HMI para la supervisión remota de variables ambientales en agricultura protegida. Revista de Tecnología e Innovación Agropecuaria, 10(4):112-121. https://doi.org/10.21829/rtia.2022.104.009

PROGRAMACIÓN DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y LECTURA DE SENSORES PARA UN INVERNADERO DE HORTALIZAS

Fernando Malagón-González*[1], José Julián Tapia-Bello[1], Jesús Emmanuel Castro-Cruz[1] y Gabriel Antonio Navarrete-Hernandez[1]

[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV). Avenida Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja, Cuitláhuac, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: fernando.malagon@utcv.edu.mx

Palabras clave: *Automatización, Sensores, HMI, PLC, Programación.*

Introducción

Este artículo describe la implementación de un sistema automatizado para el control de condiciones climáticas en un invernadero de hortalizas, desarrollado en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. El sistema, basado en la programación de un controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) y el uso de sensores ambientales, tiene como objetivo principal mejorar el monitoreo de variables críticas como la temperatura y la humedad, sustituyendo los métodos manuales por una recolección de datos en tiempo real. El sistema desarrollado se centra en la captura precisa de datos a través de sensores, que permiten un monitoreo constante de las condiciones dentro del invernadero. Estos datos son procesados por el PLC, facilitando la gestión de la información y el control automático de las condiciones ambientales, garantizando que se mantengan dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de las hortalizas. Este enfoque contribuye a la eficiencia del invernadero al reducir la intervención humana y mejorar la precisión en la medición de variables clave. La automatización del proceso no solo facilita la toma de decisiones en tiempo real, sino que también optimiza los recursos disponibles, favoreciendo un ambiente más controlado y adecuado para la producción agrícola. El desarrollo tecnológico en la agricultura ha permitido implementar sistemas de control automatizados que mejoran la eficiencia en el manejo de cultivos y el uso de recursos. En particular, los invernaderos inteligentes, donde se monitorean y controlan variables como temperatura y humedad, ofrecen condiciones óptimas para la producción de hortalizas con mayor calidad y rendimiento (Moein *et al*., 2021).

Una de las herramientas más utilizadas en estos sistemas es el PLC, dispositivo electrónico que permite la automatización de procesos mediante la lectura de entradas, procesamiento lógico y activación de salidas en tiempo real. Los PLC destacan por su fiabilidad, flexibilidad, adaptabilidad al entorno industrial y su compatibilidad con diversos sensores, entre ellos los de temperatura y humedad relativa, que son críticos en el cultivo protegido (Patil y Malathi, 2019). La temperatura influye directamente en la fotosíntesis, la transpiración y el crecimiento de las plantas, mientras que la humedad relativa regula el intercambio gaseoso y evita el estrés hídrico o el desarrollo de enfermedades fúngicas (Navarro *et al*., 2016). Por esta razón, el control automático de estas variables en un invernadero puede representar una mejora significativa en la productividad y sostenibilidad del sistema agrícola (Pérez *et al*., 2019). La programación del PLC puede realizarse en lenguajes como diagrama de escalera (LD, por sus siglas en inglés) o texto estructurado (ST), utilizando lógica secuencial que activa sistemas de riego, ventilación o calefacción en función de los umbrales predefinidos (Guzmán *et al*., 2023). El uso de sistemas automatizados basados en PLC con sensores de temperatura y humedad no solo mejora la eficiencia energética y el uso racional del agua, sino que también reduce la dependencia del trabajo manual y permite la operación continua bajo condiciones estables (Pérez *et al*., 2019b).

Materiales y equipo de trabajo

La programación de PLC y la lectura de sensores se realizaron en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz ubicada en la Avenida Universidad 350, 94910 Cuitláhuac, Ver. Se llevó a cabo el diseño e implementación de un sistema de automatización mediante programación de PLC y sensores, orientado al monitoreo y control de las condiciones climáticas dentro de un invernadero de hortalizas. El objetivo principal fue eliminar la necesidad de realizar mediciones manuales, sustituyéndolas por un sistema de adquisición de datos automatizado que permita registrar en tiempo real variables críticas como la temperatura y la humedad relativa del ambiente. Esta automatización busca mantener condiciones óptimas para el desarrollo vegetal, favoreciendo así la calidad y el rendimiento de la cosecha.

Materiales para Control y automatización

1. PLC (Controlador Lógico Programable)
2. HMI (Interfaz Hombre-Máquina)
3. Fuente de alimentación de 24V CD
4. Relevadores para accionamiento

Materiales para el sistema de goteo

1. Tuberías de PVC o polietileno: para transportar el agua y los nutrientes.
2. Emisores de goteo: dispositivos que liberan agua en forma de gotas.
3. Filtros: para evitar que los emisores se obstruyan con partículas y sedimentos.
4. Válvulas: para controlar el flujo de agua y nutrientes.
5. Tubos de goteo: tubos flexibles que conectan los emisores a la tubería principal.

Materiales para el sistema de aspersión

1. Aspersores: dispositivos que lanzan agua en forma de spray.
2. Tuberías de PVC o polietileno: para transportar el agua.
3. Válvulas: para controlar el flujo de agua.
4. Boquillas de aspersión: dispositivos que se colocan en los aspersores para controlar la dirección y el patrón de pulverización.

El sistema realiza lecturas periódicas de temperatura y humedad, procesa los datos para obtener promedios para después comparar con valores deseados y activa/desactiva aspersores según sea necesario y finalmente proporciona retroalimentación visual en el HMI. Este protocolo asegura un monitoreo eficiente y un control automatizado del clima en el invernadero.

El programa arranca configurando la comunicación RC-485 con la marca MUH 8081, definiendo velocidad y parámetros de transmisión. Usa marcas como M8 (siempre activa) y M0 (temporizador) para controlar las lecturas del sensor (H4), que guarda datos en registros como H2 (humedad) y H1 (temperatura), ajustándose y dividiendo entre 10 para interpretarlos correctamente. Luego promedia cuatro lecturas y las compara con el valor deseado (ingresado desde el HMI en D1000): si la temperatura actual (D700) supera el objetivo, activa los aspersores hasta normalizar, mostrando el estado en el HMI con la marca YE1. En resumen, es un sistema automatizado que mantiene el invernadero en condiciones óptimas, actualizando datos constantemente y reaccionando ante cambios para evitar desviaciones. Conclusión preliminar: funciona como un piloto automático para el clima del invernadero, mezclando lecturas precisas, lógicas, simples y retroalimentación inmediata. Antes de instalar el sistema, se realizó una prueba preliminar con el sensor XY-MD02 para verificar su eficacia, evaluar su comportamiento y confirmar que los datos proporcionados fueran adecuados para su integración en el sistema automatizado. La prueba consistió en exponer el sensor a un ambiente con una variación controlada de temperatura y humedad relativa.

Resultados y discusión

Durante las pruebas, se sometió al sensor a una diferencia de temperatura constante, y se observaron las respuestas en tiempo real a través de la interfaz del PLC FX3U-56MR. Los valores registrados mostraron coherencia y estabilidad, reflejando con precisión los cambios ambientales progresivos

Cuadro1. Resultados de los valores de temperatura y humedad promedio, así como, las lecturas periódicas de temperatura y humedad en un tiempo de registro de 1 hora, 14 minutos y 40 segundos.

Tiempo	Temperatura Promedio (°C)	Humedad Promedio (%)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
05:25:51	20	84	26, 00, 27, 27	88, 82, 83, 83
05:49:50	26	82	26, 27, 26, 27	84, 81, 84, 81
05:58:10	26	79	26, 28, 26, 27	81, 77, 81, 78
06:04:10	26	79	26, 28, 26, 27	82, 77, 81, 78
06:10:30	26	79	26, 28, 26, 27	82, 77, 83, 76
06:16:30	26	79	26, 28, 26, 27	81, 78, 82, 77
06:22:30	26	78	26, 27, 25, 26	88, 78, 80, 75
06:28:50	25	83	25, 26, 24, 25	83, 82, 85, 82
06:34:50	25	85	25, 26, 24, 25	86, 84, 86, 86
06:40:31	24	85	25, 25, 24, 25	87, 84, 86, 85

Este comportamiento confirmó la capacidad del sensor para detectar variaciones mínimas y responder rápidamente a los cambios en las condiciones del entorno. Con base en los resultados obtenidos, se validó el uso del sensor XY-MD02 como elemento clave para el monitoreo continuo de temperatura y humedad en el sistema de control del invernadero.

Conclusión

El sistema de control diseñado, basado en el PLC FX3U-56MR de Mitsubishi y el sensor de temperatura y humedad XY-MD02, ha demostrado ser altamente eficaz para gestionar de forma automatizada las condiciones climáticas dentro del invernadero. Durante las pruebas realizadas, el sistema mostró una capacidad de monitoreo en tiempo real con activación oportuna de dispositivos como ventiladores y sistemas de riego al detectar condiciones fuera de los rangos establecidos. Este comportamiento confirma la eficacia de la lógica implementada en el PLC, así como la confiabilidad del sensor XY-MD02 en la medición de parámetros críticos como la temperatura y la humedad relativa. Finalmente, la automatización del invernadero mediante tecnología PLC y sensores ha probado ser una solución precisa, confiable y replicable en aplicaciones agrícolas, asegurando un control climático eficiente y continuo que favorece el rendimiento y la calidad de la producción vegetal.

Referencias bibliográficas

Guzmán C. R., Méndez B. R. y Torres R. G. 2023. Programación de PLC para control de clima en invernaderos mediante sensores de temperatura y humedad. Revista de Automatización y Robótica, 78-89.

Moein, R., Rahmani, A. y Shahgholian, G. 2021. Development of a smart greenhouse system using PLC and IoT. Journal of Agricultural Engineering Research.

Navarro H. H., Torres S. R., Soto V. F. y Alarcón R. J. 2016. A decision support system for managing irrigation in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture.

Patil, S. y Malathi, M. 2019. Automated greenhouse monitoring system using sensors and PLC. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).

Pérez L. F., Morales V. J. y Castillo C. J. 2019. Diseño de un sistema de control para la automatización de un invernadero con PLC. Revista Mexicana de Ingeniería Electrónica, 23-30.

MONITOREO Y CONTROL INTELIGENTE DE INVERNADEROS MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN

Fernando Malagón-González[1]*, Diego Emmanuel Armenta-Hernández[1], Juan Marin-Lainez[1] y Jorge Moisés Galvan-Chávez[1]

[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV). Avenida Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac - La Tinaja, Cuitláhuac, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: fernando.malagon@utcv.edu.mx

Palabra clave: *Automatización, Invernadero, PLC, HMI*.

Introducción

El avance tecnológico ha transformado diversos sectores productivos, la agricultura no ha sido la excepción. Uno de los desarrollos más importantes generados dentro del campo agrícola es la automatización de invernaderos, una herramienta clave para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y productividad de los cultivos bajo condiciones controladas. Esta automatización consiste en implementar sistemas electrónicos y computarizados que permiten regular de manera precisa factores ambientales como la temperatura, la humedad, la luz y la ventilación, elementos esenciales para el crecimiento óptimo de las plantas. Entre las tecnologías más utilizadas para lograr este objetivo destacan los sensores, los Controladores Lógicos Programables (PLC**)** y las interfaces HMI (Interfaz Hombre-Máquina). Los invernaderos automatizados representan una solución efectiva ante problemáticas como el cambio climático, la escasez de agua y la necesidad de producir alimentos en mayor cantidad y calidad.

A través del uso de sensores, se obtiene información en tiempo real sobre las condiciones internas del invernadero, como la humedad del suelo, la temperatura ambiente o la concentración de dióxido de carbono. Esta información es enviada al PLC, que actúa como el “cerebro” del sistema, tomando decisiones automatizadas según una programación previa. Por ejemplo, si la humedad del suelo baja de cierto nivel, el PLC activa el sistema de riego sin necesidad de intervención humana, optimizando el uso del recurso hídrico.

Complementando este sistema, las interfaces HMI permiten al usuario interactuar de forma intuitiva con el proceso automatizado. Desde una pantalla táctil, una computadora o incluso una aplicación móvil, el operario puede visualizar datos en tiempo real, cambiar parámetros de funcionamiento, establecer alarmas o realizar ajustes necesarios, todo ello de forma sencilla y eficiente. Esto no solo reduce la necesidad de supervisión constante, sino que también mejora la toma de decisiones y permite una respuesta rápida ante posibles fallos o condiciones críticas.

La automatización en invernaderos no solo representa un avance tecnológico, sino también un paso hacia una agricultura más inteligente y sostenible. Al permitir un control preciso de las condiciones ambientales, se reduce el uso excesivo de agua, fertilizantes y energía, a la vez que se maximizan los rendimientos de producción. Conjuntamente, esta tecnología contribuye al desarrollo de prácticas agrícolas más resilientes frente a los efectos del cambio climático y al incremento de la demanda de alimentos en el mundo.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo la automatización de un invernadero, se emplean distintos dispositivos: electrónicos, de control y elementos estructurales.

- Controlador Lógico Programable (PLC)
- Interfaz Hombre-Máquina (HMI)
- Sensores
- Actuadores y componentes de control

La automatización del invernadero se realizó en la Universidad Tecnológica de Centro de Veracruz carretera federal Cuitláhuac-La Tinaja, Congregación Dos Caminos 94910 Cuitláhuac, Veracruz, México.

Diagrama eléctrico del tablero. El sistema mostrado en el diagrama eléctrico de la Figura 1, se alimenta desde una red eléctrica de 110 V en corriente alterna (AC), la cual pasa primero por interruptores termomagnéticos que protegen los componentes ante sobrecargas o corto-circuitos. Posteriormente, esta tensión se transforma a 24 V en corriente directa (DC) mediante una fuente de poder, permitiendo así la alimentación segura y estable de todos los dispositivos de control, incluyendo el PLC, los sensores y la interfaz HMI.

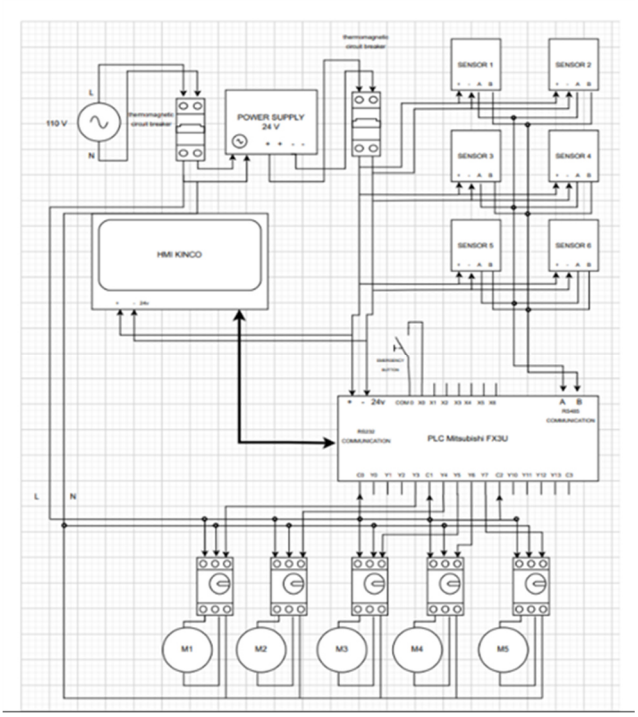


Figura 1. Diagrama eléctrico.

El control central del sistema está a cargo del PLC Mitsubishi FX3U, coordina todas las operaciones automáticas. Este PLC se comunica con la interfaz HMI mediante el puerto RS232, y también dispone de una conexión RS485 que permite la integración con otros dispositivos o redes de sensores. Cuenta con entradas digitales desde X0 hasta X6, a las cuales están conectados los sensores 1 al 6 y un botón de emergencia que permite detener el sistema en caso de riesgo (Mitsubishi Electric Corporation, 2018). Por otro lado, las salidas digitales del PLC, identificadas como Y0 a Y4, están conectadas a relés o interruptores electromagnéticos encargados de activar los motores M1 a M5 según las instrucciones del programa de control.

La HMI Kinco es una pantalla táctil que permite al operador visualizar y controlar el funcionamiento del sistema en tiempo real. Funciona con una alimentación de 24 V y se comunica directamente con el PLC mediante el protocolo RS232. A través de esta interfaz, el usuario puede interactuar con los datos recibidos de los sensores, monitorear el estado de los motores, identificar posibles errores del sistema y activar o desactivar funciones específicas, facilitando así una operación eficiente y segura.

El sistema cuenta con seis sensores, identificados como sensor 1 al sensor 6, los cuales están encargados de monitorear diferentes condiciones del proceso. Cada sensor dispone de dos salidas etiquetadas como A y B, que corresponden a señales digitales utilizadas para detectar presencia, posición u otras variables relevantes. Estos sensores están conectados directamente a las entradas del PLC, permitiendo que el controlador reciba información en tiempo real y tome decisiones automáticas según el estado del entorno supervisado.

Los motores M1 a M5 están integrados al sistema mediante contactores, los cuales son activados por señales provenientes de las salidas del PLC. Estos contactores permiten el encendido y apagado de los motores de manera automatizada, según las instrucciones del programa de control. Además, cada contactor cuenta con su propio termomagnético, que brinda protección individual ante posibles sobrecargas o fallas eléctricas, asegurando un funcionamiento seguro y confiable del sistema.

El sistema cuenta con un paro de emergencia conectado directamente al PLC, cuya función principal es detener de inmediato el funcionamiento del sistema en caso de riesgo, fallo o situación peligrosa. Al ser activado, este botón envía una señal de parada de emergencia al controlador, interrumpiendo las operaciones para proteger tanto a los operarios como a los equipos, garantizando así la seguridad en el entorno de trabajo.

Conclusiones

La automatización de invernaderos representa un avance significativo en la modernización de la agricultura, permitiendo un control preciso y eficiente de las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de los cultivos. A través de la integración de sensores, PLC y sistemas HMI, es posible supervisar y regular variables como temperatura, humedad, riego y ventilación, optimizando el uso de recursos y mejorando la productividad.

En el caso del proyecto desarrollado en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, aunque aún no se ha iniciado la etapa de cultivo, ya se cuenta con un sistema funcional en varios aspectos clave. Los sensores instalados están midiendo correctamente variables como temperatura y humedad, los extractores operan de manera adecuada, y el sistema de nebulización también está en funcionamiento. Además, se ha completado el montaje del PLC, la interfaz HMI, el tablero de conexiones y labores de mantenimiento estructural e instalación de cámaras e internet.

Referencias bibliográficas

García, A., y Rodríguez, M. 2021. Automatización y control de procesos industriales con PLC. Alfaomega Grupo Editor.

Mota, F., y Luna, J. 2020. Diseño e implementación de un sistema automatizado para el control climático en invernaderos. Revista Iberoamericana de Automatización e Informática Industrial, 17(3):220–230. https://doi.org/10.1016/j.riai.2020.04.003

Medina, R., y Torres, L. 2019. Control automático de variables ambientales en invernaderos mediante PLC y sensores. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 11(1):45–54.

Kinco Automation. (s.f.). Kinco HMI Manual de Usuario. Recuperado de https://www.kincoautomation.com/download.html

Mitsubishi Electric Corporation. (2018). Manual de programación PLC FX3U. Recuperado de https://www.mitsubishielectric.com/fa/document/

Gómez, P., y Sánchez, J. 2022. Tecnologías de la automatización en agricultura de precisión. Agrotecnología y Desarrollo Sustentable, 8(2):101–115.

Modbus Organization. 2023. MODBUS Application Protocol Specification V1.1b3. Recuperado de https://modbus.org/specs.php

VALORIZACIÓN AGROINDUSTRIAL DE CÁSCARA DE *Musa paradisiaca* var. Cavendish MEDIANTE SECADO CONVECTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE UN SNACK SALUDABLE COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD, SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA

Monserrat Crescencio-Rico[1], Marian Peña-Flores[1], Nubia Catalina Morales-Aguilar[1] y Alicia Agueda Conde-Islas[1]*

[1]Tecnológico Nacional de México, Campus Orizaba Calle Oriente. 9, S/N, Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320. Orizaba, Ver., México.
*Autor para correspondencia: alicia.ci@orizaba.tecnm.mx

Palabras clave: *Plátano, Cáscara, Residuo, Secado, Sostenibilidad.*

Introducción

El plátano (*Musa paradisiaca L.*) es una de las frutas con más consumo a nivel mundial, su importancia radica en su disponibilidad durante todo el año, su precio accesible y alto valor nutricional al ser rico en minerales, vitaminas del grupo B y alto en fibra dietética (Espino, 2019). Entre sus variedades, la *Musa paradisiaca var. cavendish* (mejor conocida como plátano roatán) es popular entre los consumidores. En México, el consumo per cápita es cerca de 14.5 kg (González *et al*., 2025) por lo que resulta una fruta de gran interés para la industria agroindustrial; sin embargo, en el proceso convencional de aprovechamiento se limita a utilizar solo la pulpa, dejando de lado la cáscara que representa el 35%-40% del peso total del fruto. Las cáscaras que son desechadas sin un aprovechamiento que, otorgue un valor agregado, aun cuando esta cáscara tiene un alto contenido en fibra dietética, antioxidantes y minerales.

De igual manera, al ser desechada sin un tratamiento adecuado, se transforma en un residuo orgánico que se suma al desperdicio de recursos valiosos e impacto ecológico en los vertederos a cielo abierto o rellenos sanitarios en las zonas donde tienen su disposición final, promoviendo la emisión de gases de efecto invernadero y lixiviados que contaminan suelos y subsuelos (Saeed *et al*., 2024).

Frente a esta situación y sin perder de vista las dificultades y desafíos que enfrenta el mundo en materia de seguridad alimentaria, surge la necesidad de crear propuestas innovadoras y sostenibles que coadyuven al aprovechamiento de este tipo de residuos, transformándolos en alimentos de alto valor agregado, conforme a los principios de la economía circular y la seguridad alimentaria (FAO, 2019).

Y aunque se ha investigado usos alternativos de este residuo, como la obtención de harinas, biofertilizantes, pectinas, bioplásticos, alimento para animales y hasta bioetanol, el sector alimentario, sigue representado una oportunidad con gran potencial para diversificar su aprovechamiento a través de métodos que permitan preservar sus beneficios (Sánchez *et al*., 2020). Una de estas técnicas es el secado por aire caliente, método que permite prolongar la vida útil del producto al disminuir la cantidad de humedad presente y actividad del agua (a_w), reducir su peso y favorecer su transformación en nuevos alimentos (Carrillo, 2020). Por lo anterior, esta investigación tuvo por objetivo aportar soluciones al sector agroindustrial, promoviendo prácticas sostenibles a través de la obtención de un snack saludable, con la finalidad de aprovechar y reducir el desperdicio de la cascara de plátano.

Materiales y métodos

Cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca var. cavendish*) recolectadas de proveedores locales de Orizaba, Veracruz. Se seleccionaron cáscara con madurez uniforme (índice de color 5 según escala Banana Color Chart) y sin daños mecánicos.

Miel de abeja natural (como edulcorante natural 10% p/p).

Canela en polvo (*Cinnamomum verum*; 0.5% p/p del peso seco final).

Solución desinfectante de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0.1% (v/v).

Solución neutralizante de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) al 1% (p/p).

Equipos

Secador convectivo de 12 bandejas de acero inoxidable de grado alimenticio, con control de temperatura (±1) y flujo de aire de 2 m/s (Cercker).

Analizador gravimétrico de humedad (Adam Equipment, PMB 163).
Medidor portátil de actividad de agua (VTSYIQI, VTS-160A).
El proceso se resume en la Figura 1, dividido en las siguientes etapas:

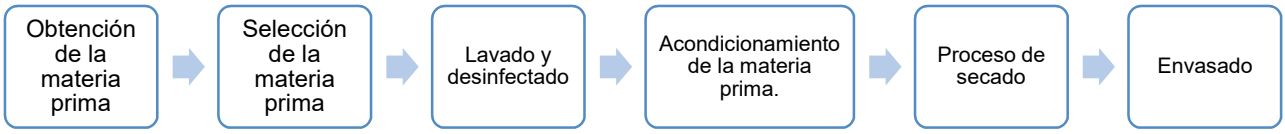


Figura 1. Metodología para la elaboración de snacks a partir de la cáscara de plátano. Fuente(autor).

- Descripción de las actividades
  Obtención de la materia prima. Se recolectaron cascaras de plátano (materia prima) de proveedores locales de la ciudad de Orizaba, Veracruz.
- Selección de la materia prima. Criterios de selección: color uniforme (sin manchas negras), grosor promedio de 2.5±0.3. Las cascaras fueron seleccionadas en base a su apariencia (color y tamaño).
- Lavado y desinfectado. Las cascaras fueron lavadas con agua potable para remover impurezas y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 0.1% durante 5 minutos, seguido de enjuague con agua potable.
- Acondicionamiento de la materia prima. Tratamiento alcalino, una vez desinfectadas las cascaras fueron sumergidas en una solución de bicarbonato de sodio al 1% durante un periodo de tiempo determinado para eliminar taninos, enjuagadas nuevamente y drenadas para la eliminación del exceso de agua, antes de entrar al secador se recubrieron con miel de abeja en una proporción del 10% respecto al peso húmedo, mediante aspersión manual.
- Proceso de secado. El secado se llevó a cabo a una temperatura de 60°±1 C, por un tiempo de 8 a 10 horas, hasta obtener una textura crujiente, al término del secado se les adiciono canela en polvo.
- Envasado. Los snacks se envasaron en bolsas de polipropileno (PP), selladas térmicamente con una selladora manual.

Resultados y discusión
En cuanto a parámetros como humedad y actividad de agua (a_w) se obtuvieron valores adecuados para su conservación (porcentaje de humedad menor a 0.8 y a_w menor a 0.5), lo que garantiza su estabilidad microbiológica. La aceptación del snack elaborado a partir de la cáscara de plátano, reveló mediante una investigación de mercado (n=355, margen de error de ±5% y un nivel de confianza del 95%) una alta aceptación (88.5%), destacando el sabor dulce aportado por la miel y el aroma distintivo proporcionado por la canela, aunque algunos participantes sugirieron mejoras en la textura y el color. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, esta propuesta representa una solución innovadora al problema del desperdicio agroindustrial, al aprovechar un residuo abundante (35%-40% del peso total de la fruta) y transformarlo en un alimento nutritivo en concordancia con los principios de la economía circular. Los resultados obtenidos demuestran que la cáscara de plátano, que es desechada puede ser utilizada como insumo para elaborar alimentos listos para comer, agradables al gusto y con características fisicoquímicas estables, lo que favorece la seguridad alimentaria y a la vez disminuye el efecto nocivo en el medio ambiente vinculado a los residuos orgánicos del sector agroindustrial.

Conclusiones
El proceso, además de ser técnicamente viable, sostenible y seguro tiene potencial para ser escalado e implementado en comunidades rurales mediante el uso de energías verdes, como el secado solar, el cual es de fácil acceso y su aplicación reduciría los costos energéticos, fomentando el desarrollo local y favoreciendo la seguridad alimentaria.

Referencias bibliográficas
Espino, X. 2019. Buenas Prácticas Agrícolas Para El Cultivo De Plátano. ASMIIA. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

González. M. S., Brambila, P. J. D. J., Matus. J. A., Rojas. M. M., Almeraya, Q. S. X., y Pérez. V. 2025. Caracterización del proceso productivo, postcosecha y comercial de la cadena de valor del plátano en Cerro de Ortega. Agricultura, sociedad y desarrollo, 22(2), 179-199.

Saeed, M. K., Zahra, N., Saeed, A., Syed, Q., y Abidi, S. H. I. 2024. Banana peels a contemptible source of dietary fiber and natural antioxidants. Acta Pharmaceutica Sciencia, 62(1).

FAO (Food and Agriculture Organization). 2019. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (15/06/2025). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Economía Agroalimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Sánchez, O. I., García, A.B.E., Santos, L. E. M., Amaro, R. A., Barboza. J. E., y Regalado, C. 2020. Fruit and vegetable peels as a source of dietary fiber and nutraceuticals: A review. Food Research International, 136, 109482. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482

Carrillo, C. M., Castorena, A. J. D., García, J. L., y García, G. J. M. 2020. Deshidratación de plátano (*Musa paradisiaca*) por medio de radiación solar en un secador directo. Revista de Sistemas Experimentales, 6(19), 19-23.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE IRRIGACIÓN AUTOMÁTICO MEDIANTE EL USO DE UN MICROCONTROLADOR Y SENSORES

Elías Paredes-Ortíz[1], Jericó Jabín Bello-Bello[2], Jorge Moisés Galván-Chávez[1*], Fernando Malagón-González[1], Tania Romero-Figueiras[1] y Rodolfo Medrano-Espinoza[1]

[1]Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Av. Universidad No. 350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Loc. Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz, CP.94910.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, Amatlán de los Reyes, 94953, Veracruz, México.
*Autor para correspondencia: jorgem.gc1010@gmail.com

Palabras clave: *Agricultura de precisión, Automatización, Monitoreo.*

Introducción

La agricultura 4.0 se concibe como una evolución de la agricultura de precisión, cuyo origen está identificado con base a diversos factores como el creciente índice demográfico, el cambio climático acelerado y, por consecuencia, mayor demanda de alimentos. Esta situación, compromete a tener una mejor administración de los recursos naturales como el suelo, y principalmente, el agua. El monitoreo de variables ambientales como la humedad del suelo, la cantidad de nutrientes, la conductividad eléctrica, es posible gracias a la tecnología actual, que permite optimizar la producción de diversos cultivos y el desarrollo de plántulas de diversos ejemplares (Berrios y Martínez, 2022). El sistema de riego es una tarea crucial en la producción agrícola en invernaderos. Existen diferentes técnicas de riego que actualmente se implementan en este tipo de cultivos, las cuales se clasifican según su alcance, tamaño de gota y diseño. Los sistemas de riego más utilizados son: riego aéreo, riego localizado, riego por inundación y riego manual. Cada uno de ellos tiene características particulares que se adaptan a diferentes necesidades según el tipo de cultivo, el tamaño del invernadero y el nivel de innovación disponible (Flores y Palacios, 2025). El riego localizado, abarca tanto el goteo como la micro aspersión, es uno de los métodos más eficientes en cuanto al uso del agua. Consiste en aplicar el agua directamente sobre la zona de la raíz de cada planta, al ser más preciso reduce pérdidas por escurrimiento. El objetivo de este proyecto fue implementar un sistema de riego automatizado por goteo para plantas de café, incorporando sensores de humedad del suelo y conectividad a servicios en la nube. Esto permite el monitoreo remoto de los niveles de humedad y el control eficiente del sistema de riego, optimizando así el uso del agua y mejorando las condiciones de cultivo.

Materiales y métodos

Sistema de riego por goteo. El dimensionamiento de la instalación hidráulica fue diseñado para un total de 10 macetas con capacidad de 20 litros cada una. Para ello, se utilizaron 5 metros de tubería ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) de 8 mm de diámetro, 9 conectores tipo T, 10 goteros, 10 bastones plásticos, una bomba de agua con un caudal máximo de 360 L/h y un adaptador de fuente de alimentación de 100V de CA (corriente alterna) a 12V CD (Corriente Directa) con una corriente de 8 Amperios. En la Figura 1, se muestra una representación gráfica del sistema de riego con las plantas de café (*Coffea* spp.), donde las figuras A y B, muestra las plantas en macetas de 20 litros, con un sustrato compuesto de arena, composta y tepetzil en proporciones de 10%, 50% y 40%, respectivamente. La figura C, muestra las plantas en macetas de 15 litros, con una mezcla formada de composta y perlita. En la figura D, se muestra el diseño del sistema de riego junto con las plántulas, realizado en software CAD.

Figura 1. A) Plántulas de café riego 1, C) Plántulas de café riego 2, D) Diseño CAD.

Sensores de humedad del suelo. Se utilizaron dos sensores de humedad de suelo de tipo resistivos, cuyo rango de medición oscila entre el 10% - 90% de humedad relativa. La importancia de estos sensores radica en la obtención de datos en tiempo real de la humedad del suelo, lo cual permitió controlar el accionamiento de la bomba periférica y realizar la irrigación. El sensor tiene una salida de tipo analógica, la cual se conecta a las entradas analógicas de la tarjeta Arduino, permitiendo la obtención de datos con una resolución de 1024 bits, y con ello logra la capacidad de detectar variaciones de casi 5 mV. El sensor tiene un voltaje de operación de 3.3 - 12 V DC y una corriente de 30 mA.

Automatización del sistema. El sistema de procesamiento de los datos obtenidos de los sensores, la transmisión de estos, y la activación de la bomba de agua para el sistema de riego, fue realizado con una tarjeta de desarrollo Arduino® UNO R4 WiFi. Se implementó un relevador para aislar la etapa de potencia (bomba periférica) y la etapa de control.

Conectividad y monitoreo. Un aspecto importante del proyecto es el monitoreo remoto de la humedad del suelo. El uso de la tarjeta Arduino® UNO R4 WiFi, es debido a que este modelo incluye la transmisión de datos de forma inalámbrica, lo cual posibilita el desarrollo de una interfaz gráfica en la plataforma Arduino Cloud.

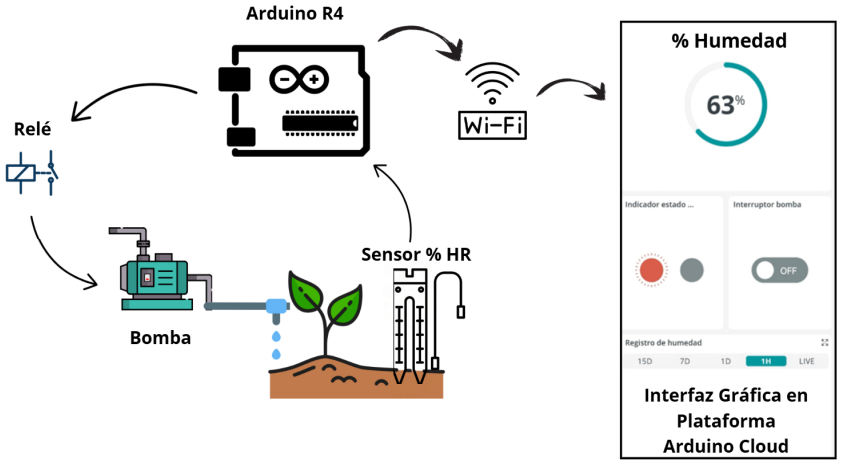


Figura 2. Esquema del sistema de automatización. Elaboración propia, basado en Instructure. (s.f.). Canvas LMS. Instructure. https://www.instructure.com/canvas

En la Figura 2, se muestra un diagrama de los elementos más importantes de la automatización del sistema de riego. El sensor resistivo se conectó a la tarjeta mediante un módulo, el cual permite conectarlo directamente a las entradas analógicas de la tarjeta Arduino. La programación se realizó en el IDE para tarjetas Arduino, el cual permite adaptar fácilmente cualquier código según los requerimientos del cultivo.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos tras la implementación del sistema de riego automático en las plantas de café evidencian mejoras significativas en la eficiencia del riego y en el desarrollo vegetal de las plantas. Se observó que, con el sistema automatizado, la humedad del sustrato se mantuvo en un rango óptimo del 50% al 70%. De igual manera, se logró la integración de una interfaz gráfica de monitoreo en tiempo real, desarrollada con Arduino Cloud. Esta interfaz permite visualizar parámetros como el porcentaje de humedad del suelo, el estado del sistema (riego activo/inactivo) y el historial de riego. Tener un registro de datos permite una mejor toma de decisiones por parte del usuario. Durante las pruebas, la interfaz funcionó de forma continua y sin fallos, mostrando una correcta comunicación con el microcontrolador, el cual tiene acceso a internet, lo que permite el intercambio de datos en tiempo real, la supervisión y control a distancia. En la Figura 3, se muestran algunos datos capturados mediante el historial de la interfaz gráfica, se presenta una gráfica con los valores, hasta el momento obtenidos, del porcentaje de humedad relativa.

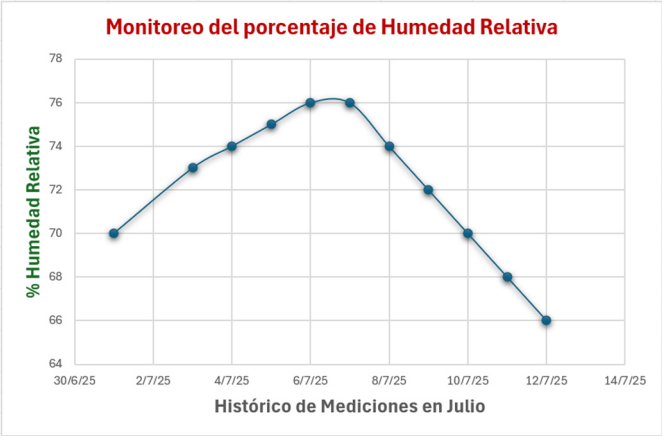


Figura 3. Historial de datos capturados del monitoreo del porcentaje de Humedad relativa.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del sistema de monitoreo automatizado indican un cumplimiento satisfactorio del objetivo principal: integrar una interfaz capaz de supervisar las condiciones del entorno en tiempo real, reduciendo la necesidad de intervención humana. La implementación del microcontrolador y los sensores permitió la adquisición de datos precisos, mientras que la interfaz diseñada facilitó la visualización continua del estado del sistema.
Comparando los resultados con otros trabajos similares, se observa que el sistema desarrollado presenta ventajas en cuanto a simplicidad de uso, bajo costo de implementación y facilidad de mantenimiento. Sin embargo, también se identificaron limitaciones, como la necesidad de mejorar la autonomía energética del sistema en ambientes rurales o de difícil acceso.

Conclusión

La implementación del sistema de riego automático mediante sensores de humedad y microcontrolador, demostró ser una solución que mejora la eficiencia en el uso del agua y permite optimizar el desarrollo de las plantas de café en condiciones controladas, así como la reducción de tareas repetitivas asociadas al riego manual.

Referencias bibliográficas

Berrios, G. S., & Rivera, H. H. J. 2022. Sistema IoT basado en ESP32 para el control y monitoreo de cultivos en invernadero con enfoque de agricultura 4.0. Ingeniería Investiga, 4. https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.624.
Flores. C. I., & Palacios. L. A. 2025. Tecnologías de riego inteligente y su contribución a la conservación del agua en agricultura. Multidisciplinary Collaborative Journal, 3(1): 61–73. https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n1/46.

Créditos Editoriales

Coordinación General

Rubén Santos Echeverría
Héctor Daniel Inurreta Aguirre

Compiladores

María Enriqueta López Vázquez
Oscar Hugo Tosquy Valle
Andrés Rebolledo Martínez
Lucas Alejandro Fadda
Claudia Perdomo Montes

Comité Editorial

Coordinadores:

María Enriqueta López Vázquez
Oscar Hugo Tosquy Valle

Editores:

Abel Quevedo Nolasco
Aixchel Maya Martínez
Andrés Rebolledo Martínez
Bani Mariana Ruesgas Ramón
Bertha Patricia Zamora Morales
Edgar Couttolenc Brenis
Edna Suárez Patlán
Elizabeth León García
Gerardo Montiel Vicencio
Juan Quintanar Olguín
Lucas Alejandro Fadda
Madai Sánchez Galindo
Marco Antonio Reynolds Chávez
María Enriqueta López Vázquez
Marisela Cristina Zamora Martínez
Melchor Rodríguez Acosta
Nain Peralta Antonio
Oscar Hugo Tosquy Valle
Pablo Andrés Meza
Ricardo Santillán Mendoza
Roberto de Jesús López Escudero
Rosa Laura Rebolledo García
Sergio Uribe Gómez
Valentín Esqueda Esquivel
Verónica Lango Reynoso

Formación:

Claudia Perdomo Montes

Comité Científico

Coordinadores:

Edna Suárez Patlán
Gabriel Díaz Padilla
José Antonio Espinosa García
Juan Prisciliano Zarate Martínez
María del Refugio Castañeda Chávez
Nain Peralta Antonio
Rosa Elena Zamudio Alemán
Salvador Partida Sedas

Revisores:

Abraham Fragoso Islas
Adalberto Rosendo Ponce
Adán Cabal Prieto
Adrián Gutiérrez Cervantes
Adriana García Ruiz
Adriana Isabel Pérez Luna
Agustín Fernández Salas
Flora Apolinar Hidalgo
Francisco Indalecio Juárez Lagunes
Francisco Osorio Acosta
Gabriel Díaz Padilla
Gabriela Orozco Gutiérrez
Gabriela S. Zárate Canseco
Gabycarmen Navarrete Rodríguez
Marco Antonio Toral Juárez
Marcos Ventura Vázquez Hernández
María Antonieta Montaño Palacios
María de los Ángeles Acevedo Cortés
María de Lourdes Fernández Peña
María de Lourdes Jiménez Badillo
María del Carmen Álvarez Ávila

Créditos Editoriales

Comité Científico

Revisores:

Aixchel Maya Martínez
Alberto Asiain Hoyos
Alberto Uc Várguez
Aleida Selene Hernández Cázares
Alejandra Ramírez Martínez
Alejandro García Ramírez
Alma Delia Ortiz Reyes
Anabel Cruz Romero
Andrés Rebolledo Martínez
Andrés Vásquez Hernández
Ángel Capetillo Burela
Ángel de Jesús Isidro Pio
Ángel Morán Silva
Ángel Rosendo Pulido Albores
Arturo Ángel Hernández
Arturo García Saldaña
Arturo Pérez Vázquez
Aurelio Báez Pérez
Bani Mariana Ruesgas Ramón
Belisario Domínguez Mancera
Benigno Ortiz Muñiz
Bossuet Gastón Cortés Sánchez
Brenda Torres Huerta
Carlos Alberto Tinoco Alfaro
Carlos Mallén Rivera
Carlos Miguel Becerril Pérez
Casimiro Ordóñez Prado
Catalino Jorge López Collado
César del Ángel Hernández Galeno
Christian Reyes Velázquez
Claudia Araceli Dávila Camacho
Claudia María Melgoza Villagómez
Cristian Matilde Hernández
Dalia Guadalupe Mendoza López
Daniel Ramírez Cerón
Daniela Polo Villalobos
David Reynier Valdés
David Urbán Duarte
Gadiel Pedraza Monroy
Galdy Hernández Zárate
Gerardo Montiel Vicencio
Guadalupe Aguilar Vázquez
Guadalupe Olvera Licona
Guillermo Medina García
Gustavo López Romero
Horacio Álvarez Gallardo
Humberto Mata Alejandro
Ignacio Orona Castillo
Ignacio Sánchez Cohen
Irving David Pérez Landa
Isaac Meneses Márquez
Isabel Araceli Amaro Espejo
Isalia Morales Palacios
Itzel Galaviz Villa
Iván Fermín Quiroz Ibáñez
Iván Franco Gaytán
Ivette Rubio Gutiérrez
Jacel Adame García
Jaime Rangel Quintos
Jasiel Valdivia Sánchez
Javier Francisco Enríquez Quiroz
Jeremías Natarén Velázquez
Jesús Jarillo Rodríguez
Jesús Martínez Sánchez
Jesús Montoya Mendoza
Jesús Soria Ruiz
Jesús Valentín Gutiérrez García
José Agapito Pecina Martínez
José Amador Honorato Salazar
José Ángel Sigala Rodríguez
José Antonio Espinosa García
José Antonio Hernández Moreno
José Arturo Olguín Rojas
José Candelario Segura Corre
José Francisco Castillo Esparza
José López Collado
María del Carmen Pablo Mendoza
María del Refugio Castañeda Chávez
María Enriqueta López Vázquez
Maribel Montero Lagunes
Mario Garduño Lugo
Martha Elena Fuentes López
Martín Alfonso Mendoza Briseño
Martín Solís Martínez
Martina Hilda García Valenzuela
Medali Heidi Huarhua Zaquinaula
Mercedes A. Jiménez Velázquez
Micaela De La O Olán
Miguel Ángel Cano García
Nadiezhda Yakovleva Zitz Ramírez Cabral
Nain Peralta Antonio
Nuria Delia Vargas Huipe
Octavio Ruíz Rosado
Olaya Pirene Castellanos Onorio
Olga Bonilla Barrientos
Olga Santiago Trinidad
Oscar Hugo Tosquy Valle
Pablo Andrés Meza
Pablo Díaz Rivera
Paola Carolina Gómez Carreño
Paula Zúñiga Ruiz
Pedro Cadena Iñiguez
Pedro Zetina Córdoba
Radamés Trejo Valencia
Rafael Alberto Guajardo Panes
Rafael Ruíz Hernández
Ramiro Puc Kauil
Ramón Trucíos Caciano
René Gómez Mercado
Rigoberto Zetina Lezama
Roberto de Jesús López Escudero
Roberto Omar Castañeda Arriola
Rogelio Miranda Marini
Rolando Misael Tlaxcala Méndez

Créditos Editoriales

Comité Científico

Revisores:

Delfina Salinas Vargas
Diego Esteban Platas Rosado
Edgar Couttolenc Brenis
Edna Elena Suárez Patlán
Edna Fabiola Valdez Hernández
Elías Ortiz Cervantes
Eliseo García Pérez
Elizabeth León García
Emiliano Pérez Portilla
Enrique Buendía Rodríguez
Enrique Hernández Leal
Erick Morales Polanco
Erickson Basave Villalobos
Érika María Gasperín García
Eugenio Rangel León
Eusebio Ortega Jiménez
Fabiola Lango Reynoso
Felipe Gallardo López
Felipe Montiel Palacios
Fernando Tamayo Sánchez
José Luis Coyac Rodríguez
José Luis García Pérez
José Luis Jolalpa Barrera
José Manuel Martínez Hernández
Juan Acosta Jimeno
Juan Carlos Camacho Chab
Juan Carlos Tamarit Urias
Juan Lorenzo Reta Mendiola
Juan Manuel Hernández Pérez
Juan Quintanar Olguín
Juan Valente Megchún García
Laura Yavarik Alvarado Ávila
Leonardo Martínez Cárdenas
Lily Lorena Luna Castellanos
Lucas Alejandro Fadda
Madaí Sánchez Galindo
Magnolia Grisel Salcedo Garduño
Manuel Barrientos Morales
Marcelina Vélez Torres
Marco Antonio Reynolds Chávez
Rosa Campos Pulido
Rosa Elena Zamudio Alemán
Rosa Laura Rebolledo García
Salvador Partida Sedas
Santos Díaz Martínez
Saúl Castañeda Díaz
Sergio Alberto Curti Díaz
Sergio Uribe Gómez
Sheila Genoveva Pérez Bravo
Silvia López Ortiz
Susana Eva Rodríguez Rodríguez
Tomas Pineda Ojeda
Valentín Alberto Esqueda Esquivel
Valeria Martínez Aquino
Vania Cruz Palacios
Verónica Lango Reynoso
Verónica Saucedo Rivalcoba
Yadira Silva Cruz
Zahaed Evangelista Martínez